

# TRASDOSADOS

## BOVEDAS DE CUBIERTA

Puede dejarse la bóveda como cubierta sin ningún revestimiento donde no sea inconveniente la aparición de algunos manchones de humedad en la cara inferior. Esta es la cubierta más económica que puede hacerse si se dejan, además, los tirantes a la vista. Las precauciones que deben tomarse se han explicado antes y, en resumen, son: previsión de dilataciones en la bóveda y en los tirantes, rebajamiento de la flecha para que la acción del viento no produzca esfuerzos importantes y construcción de costillas, a las que debe añadirse la conveniencia de hacer un doblado más sobre lo necesario con material hidrófugo sobre él. Puede sustituirse este último por solado de baldosín catalán, aunque su eficacia es pequeña en este caso, pues aparecen grietas que no suele haber si la última capa es de rasilla.

Haciendo sobre la bóveda tabiquillos que sirven de costillas, puede sobre ellos apoyarse una terraza a la catalana o una cubierta de teja corriente. En el último caso, si se sienta la teja sobre mortero basta un tablero de rasilla con yeso para tabiquillos, separados 0,60 m., pero, en general, conviene hacer tablero doble para la teja, con tabiquillos más separados. Para cubrir con chapa metálica ondulada o fibro-cemento, se hacen otros tabiquillos perpendiculares a las costillas para que sustituyan a las correas y no se construyen tableros.

## BOVEDAS PARA PISOS

Las pequeñas y de poca flecha se enjutan con hormigón ligero, de escorias por ejemplo, hasta conseguir un plano horizontal (figs. 1, 27 y 28). Las demás requieren la construcción de tabiquillos para apoyar el tablero doble de rasilla que forma el piso. En caso de grandes cargas, se hacen algunos tabiquillos especiales con ladrillo macizo, a media asta y aparejados como arcos de correa, de los cuales hay ejemplo en el Museo de América.

## BOVEDAS PARA TERRAZAS CON JARDIN

Si la bóveda que ha de sostener una terraza con jardín puede admitir la aparición de manchas de humedad, hasta revestir con mortero hidrófugo las partes de

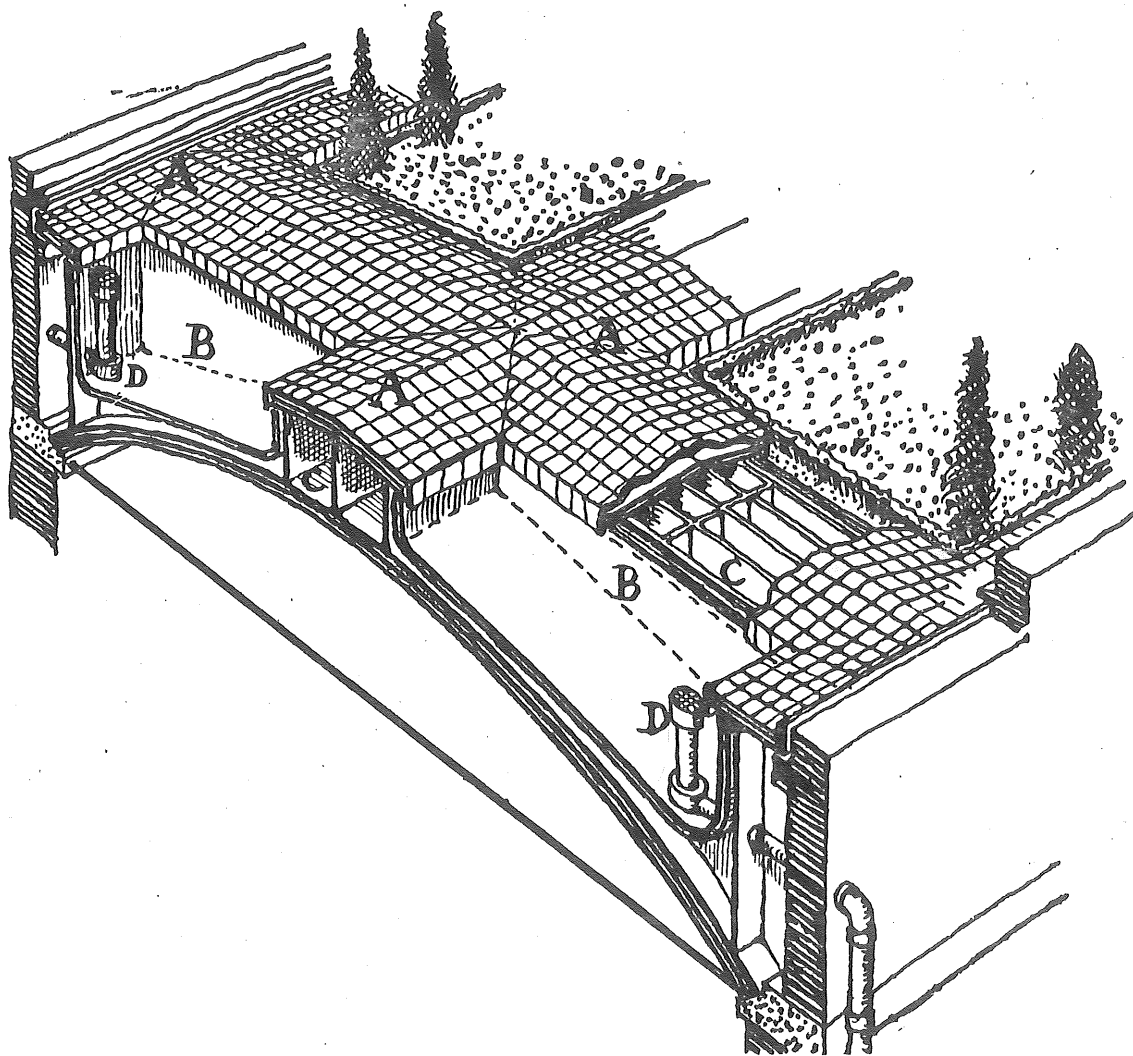


FIG. 47.—Bóveda para sostener un jardín:

AA: Paseos (las pendientes para desagüe se han exagerado en el dibujo).

BB: Bolsones para tierra vegetal.

CC: Tabiquillos.

DD: Desagües de los bolsones.

Los tableros que forman los elementos A y B se apoyan sobre los tabiquillos, dejando libres los movimientos de dilatación. Los bolsones se enfoscan con mortero hidrófugo.

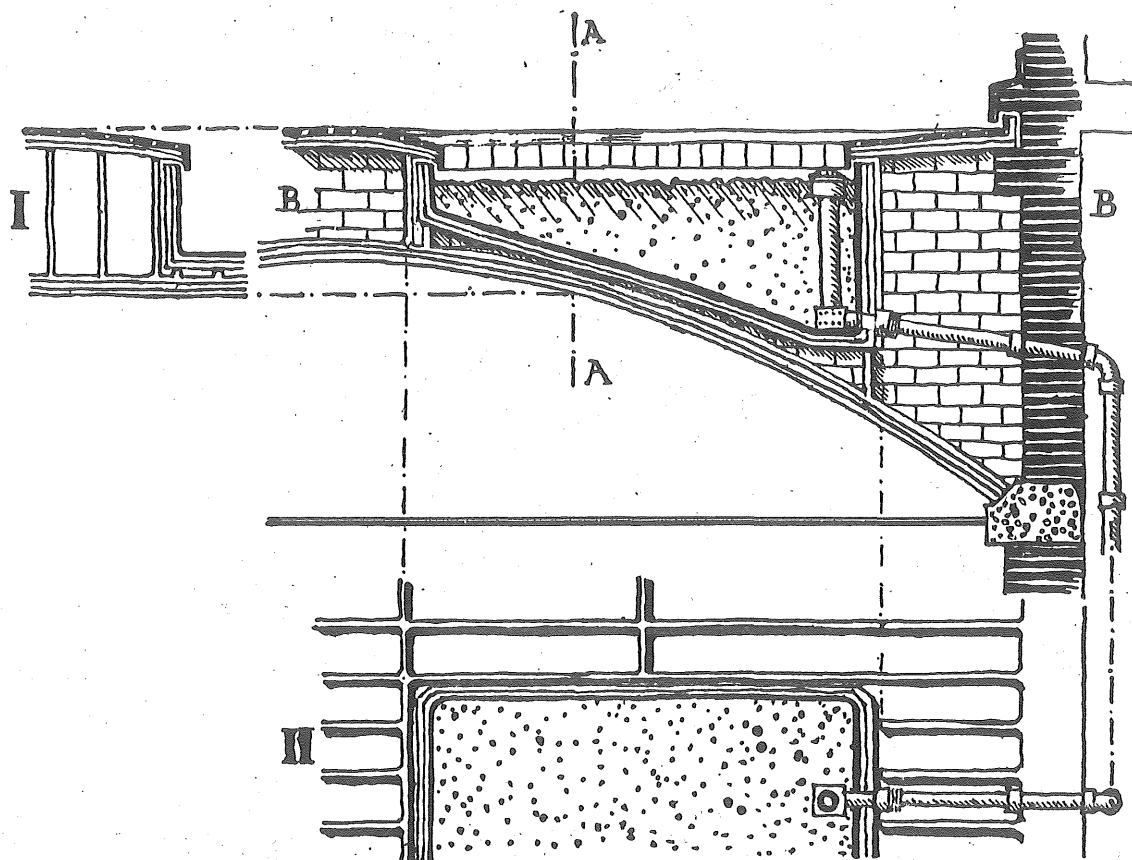


FIG. 48:—Detalles de la bóveda representada en la figura 47:

*I: Sección vertical AA.*

*II: Sección horizontal BB.*

la bóveda que han de soportar tierra vegetal, haciendo los pasos de terraza a la catalana, a mayor altura, y cuidando mucho los desagües de las partes enterradas. En el caso corriente, estas partes se hacen como unos bolsones de tablero doble de rasilla, revestido con material hidrófugo, los cuales se apoyan sobre la bóveda mediante tabiquillos como los de la terraza a la catalana, de modo que sus movimientos sean independientes de los de la bóveda (figs. 47 y 48). Es preciso cuidar también los desagües de cada bolsón, tanto en el fondo como en la superficie, y es conveniente que estos jardines se tracen como en los modelos árabes, o sea, haciendo los paseos de terraza a la catalana, como se ha dicho, a más altura que la tierra vegetal. Esto facilita mucho su construcción y permite mayor economía, recogiendo-se el agua sólo en los bolsones. Los forjados de terraza que forman los paseos se cortarán con juntas de dilatación.

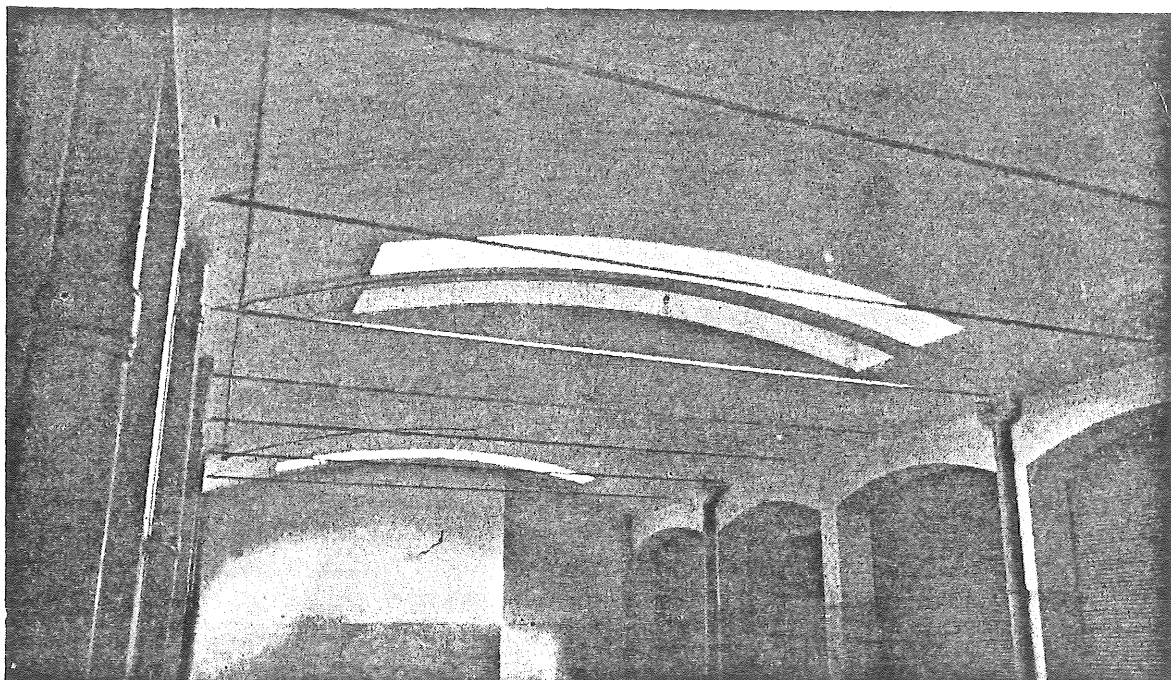


FIG. 49.—Bóveda de un garaje sobre la que se ha construido un jardín.

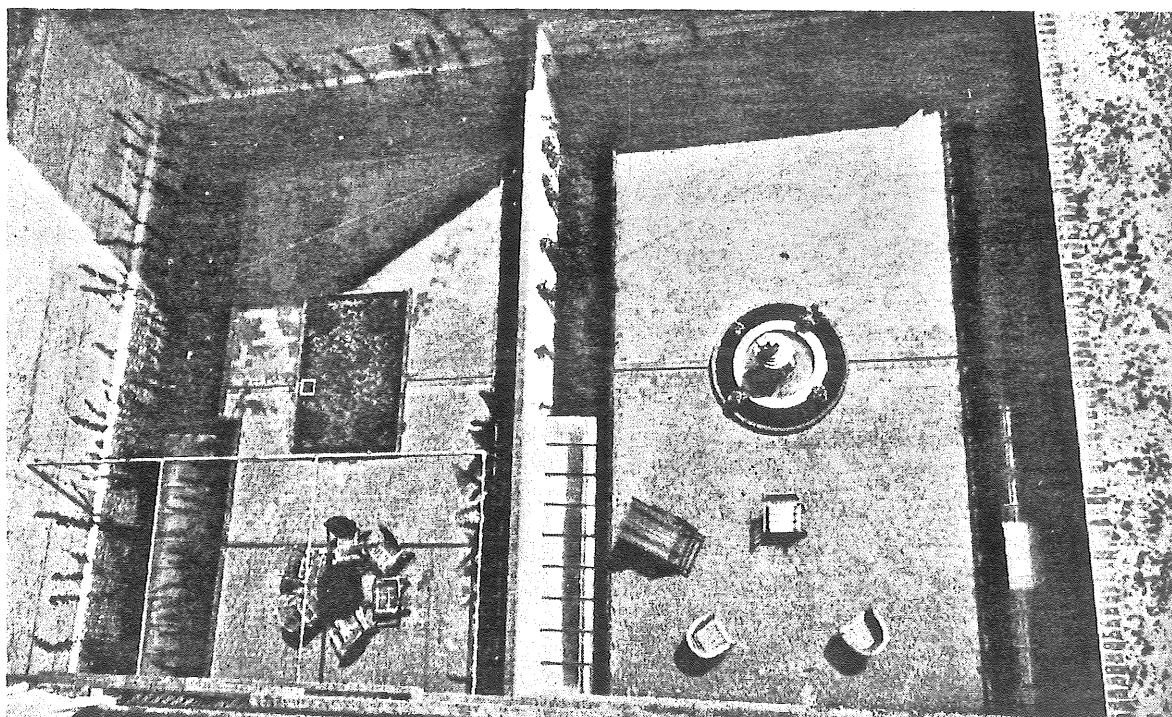


FIG. 50.—Jardín sobre la bóveda de la fig. 49, con los lucernarios que iluminan el garaje.



# TRABAJOS EN EL EXTRANJERO

## FRANCIA

De lo hecho en el extranjero conocemos los trabajos publicados en la revista *L'Architecture Française*, núm. 13 (noviembre de 1941) y núm. 15 (enero de 1942) por P. Abraham, el primero, y por el mismo, con M. Brun, el segundo, los cuales tienen algún interés por la combinación que proponen de una estructura ligera de hormigón armado que cuadricula el edificio, tanto en sentido horizontal como en el vertical, dejando en cada piso cuadros que se cubren con bóvedas tabicadas, cuyos empujes son absorbidos por los marcos que los encierran. El sistema es bastante costoso y confirma la poca utilidad de las bóvedas en muchos casos, de los que son ejemplo las casas corrientes de pisos. Además, ambos trabajos tienen otros aspectos que no se incluyen aquí por no ser distintos, esencialmente, de lo que se hace en España desde hace mucho tiempo. También se han publicado algunos estudios sobre escaleras a la catalana hechas por especialistas de Argel o sur de Francia, probablemente de origen español.

## ESTADOS UNIDOS

El trabajo más importante consiste en las bóvedas que figuran en un álbum de fotografías y planos de obras de Guastavino, que perteneció al ilustre Arquitecto español D. Mariano Belmás, del que se reproducen aquí algunas figuras. El álbum es la propaganda de una casa constructora española que trabajó en Estados Unidos, a fines del siglo pasado y principios de éste, y sigue trabajando, según datos del Profesor Bassegoda.

Las obras a que se refiere este álbum son realmente extraordinarias, por sus dimensiones, sencillez de estructura y limpieza de construcción. Guastavino, Arquitecto valenciano procedente de la Escuela de Arquitectura de Barcelona, justifica por ellas la fama casi mítica que tiene entre nosotros.

## TURQUÍA

Tienen gran interés las numerosas obras de Sinan, el gran Arquitecto turco de origen albanés, contemporáneo de Herrera, que a lo largo de una vida de ciento diez años construyó, entre otros muchos edificios, setenta y tres mezquitas.

Algunas de ellas son gigantescas, como la de Solimán el Magnífico, en Constantinopla (1550 a 1556), que es aproximadamente como Santa Sofía.

Su arquitectura es una simplificación de la bizantina, y con sentido práctico de constructor en grande, emplea sólo formas muy apropiadas para la realización rápida y en serie. Como Herrera, hace rectas todas las líneas importantes de las plantas, en las que sólo se ven curvas en las pequeñas hornacinas y en las columnas.



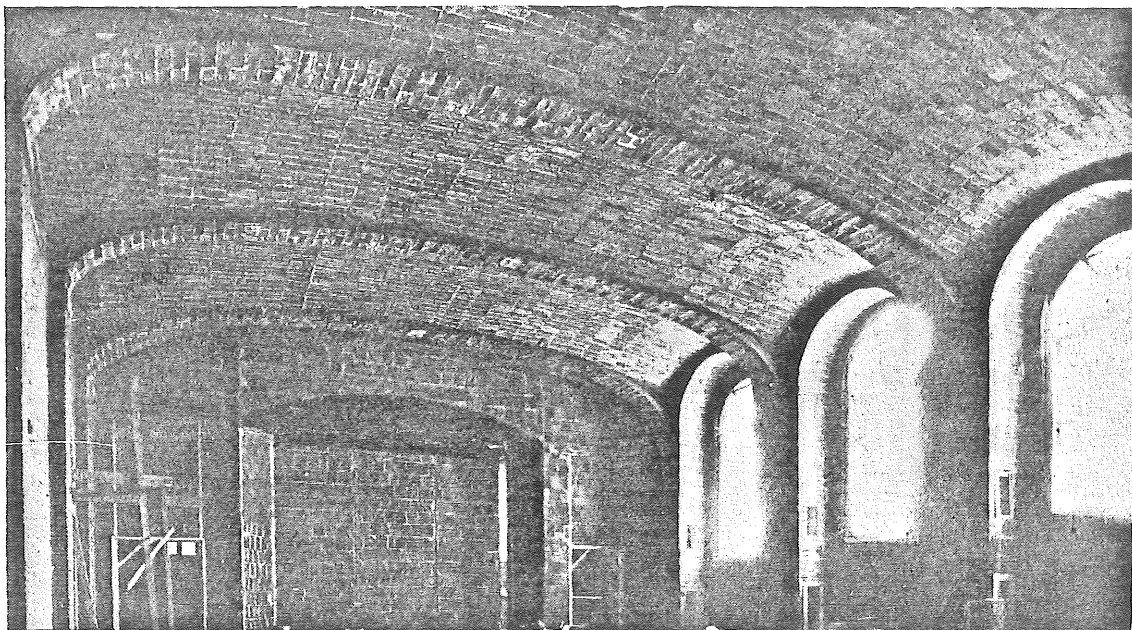


FIG. 52.—Horticultural Hall, Boston, Mass: *Bóvedas esféricas sobre arcos elípticos muy rebajados. Las figs. 52 a 63 corresponden a obras realizadas por Guastavino en Estados Unidos.*

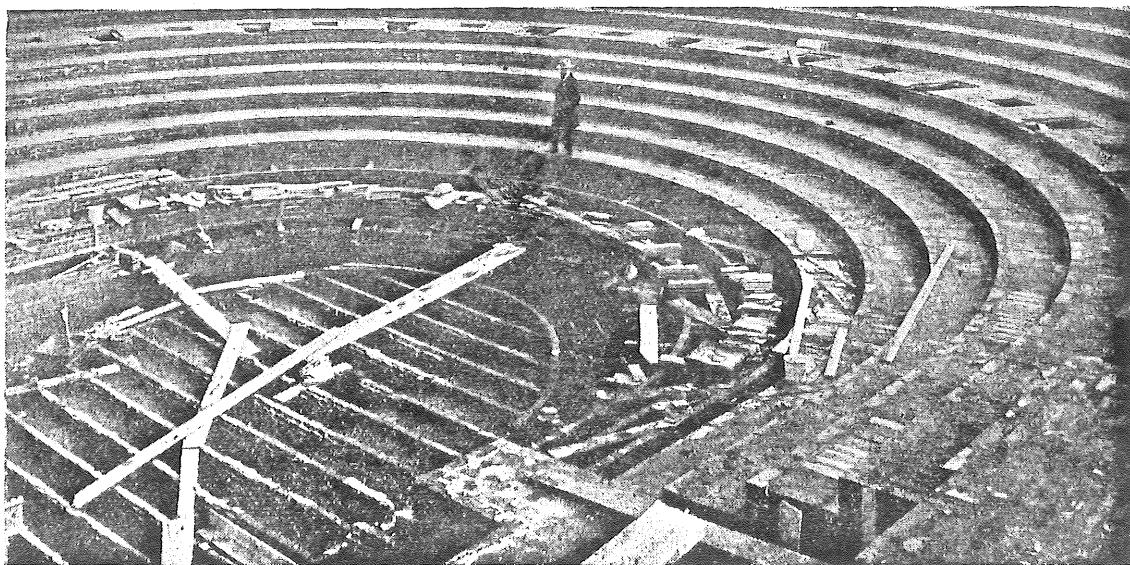


FIG. 53

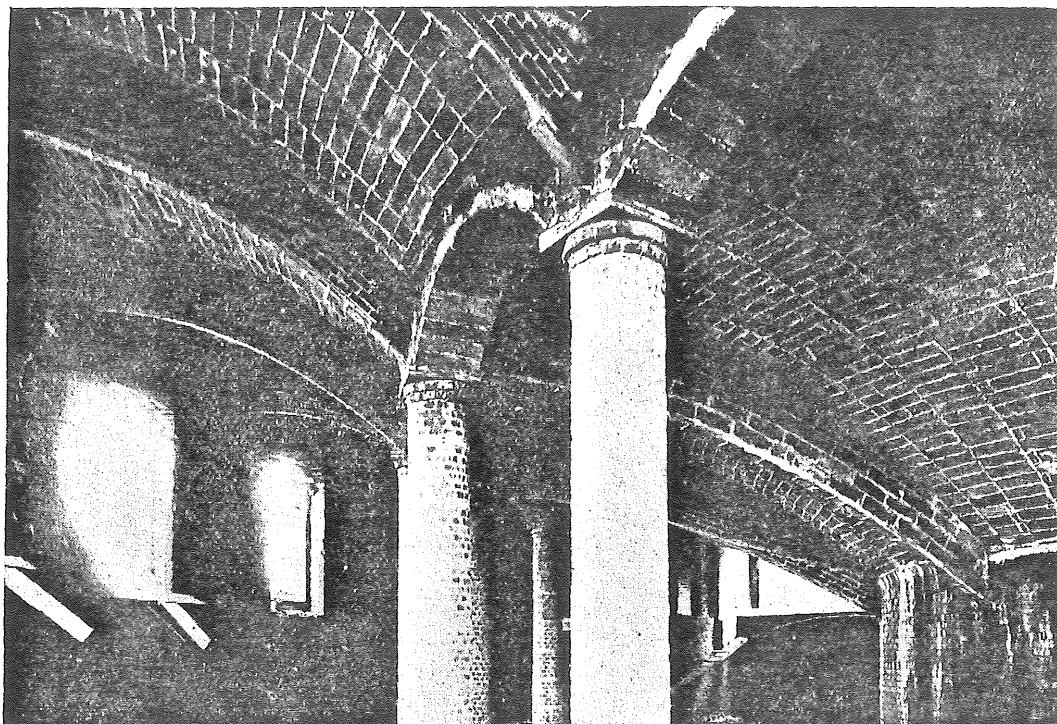


FIG. 54

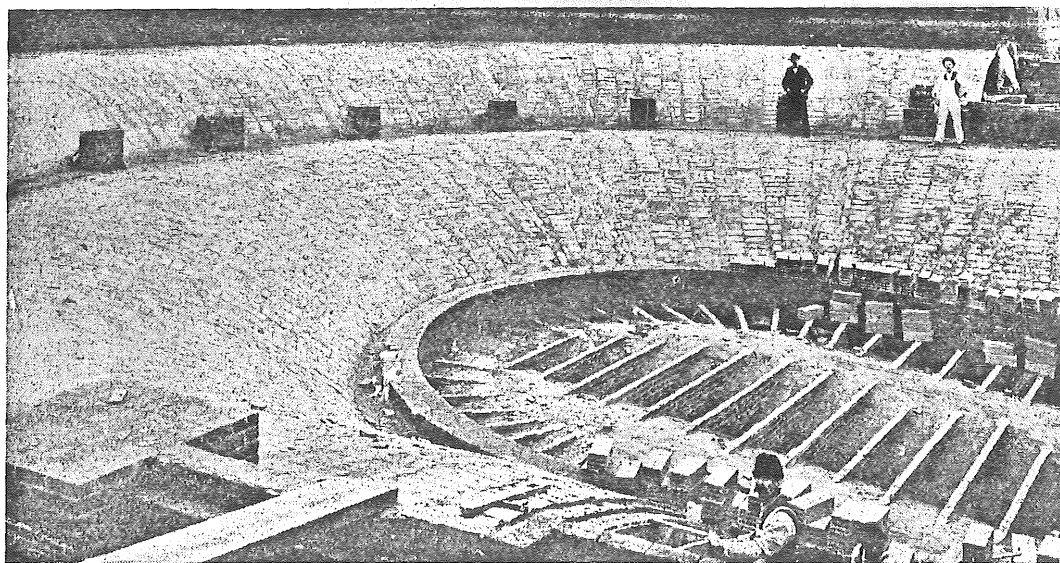


FIG. 55

FIGS. 53, 54 y 55.—Anfiteatro al aire libre de la Universidad de Virginia: *Es un problema semejante al de la Plaza de Toros de Melilla, como puede verse en la figura 53, que es la estructura en que se apoya la gradería.*

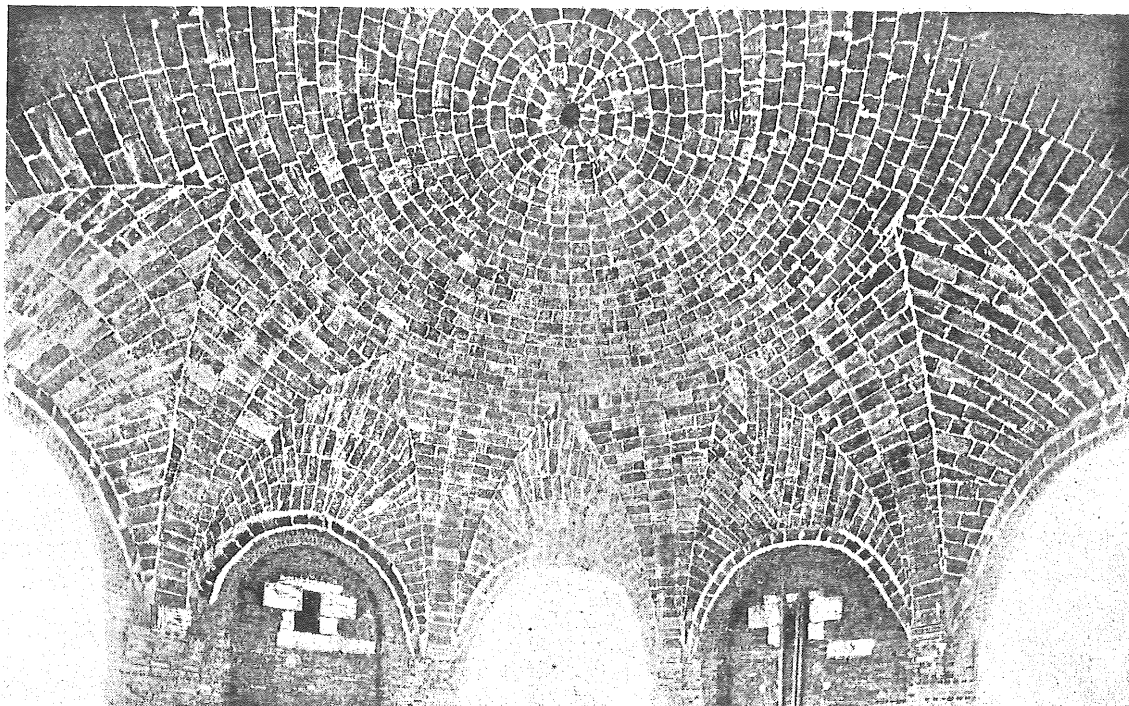


FIG. 56.—St. Lukes Hospital, Nueva York: *Bóveda esférica, con lunetos.*

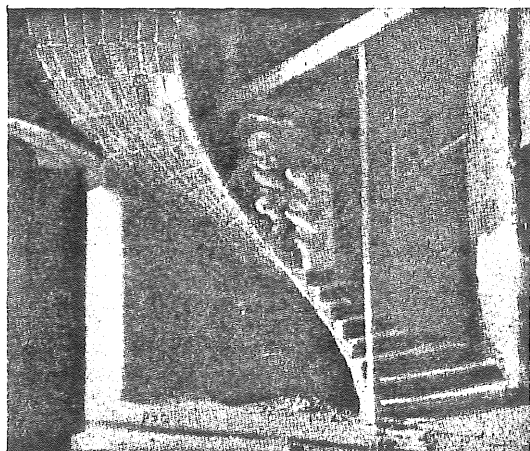


FIG. 57

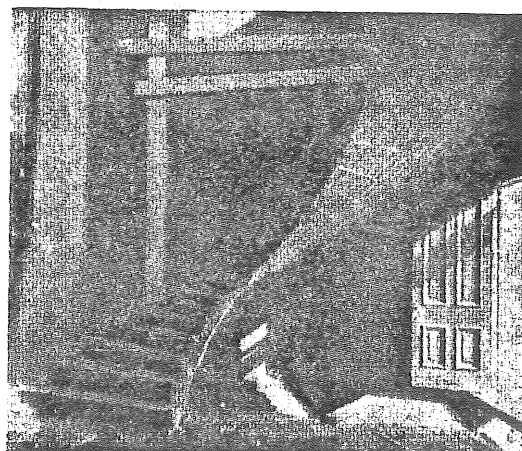


FIG. 58.

Las figs. 57 y 58 corresponden a escaleras a la catalana, de tan corriente uso en España, tan admiradas y celebradas por los arquitectos y constructores extranjeros que nos visitan, y construídas por el arquitecto español Guastavino en Nueva York en el año 1904.



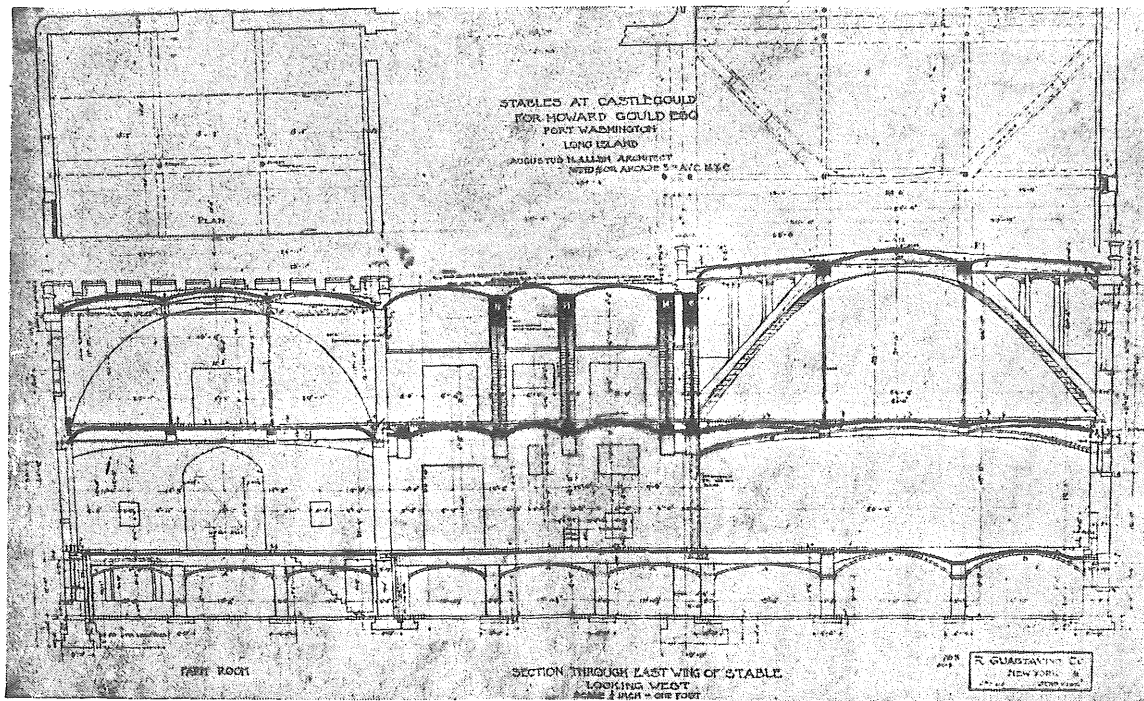


FIG. 59.

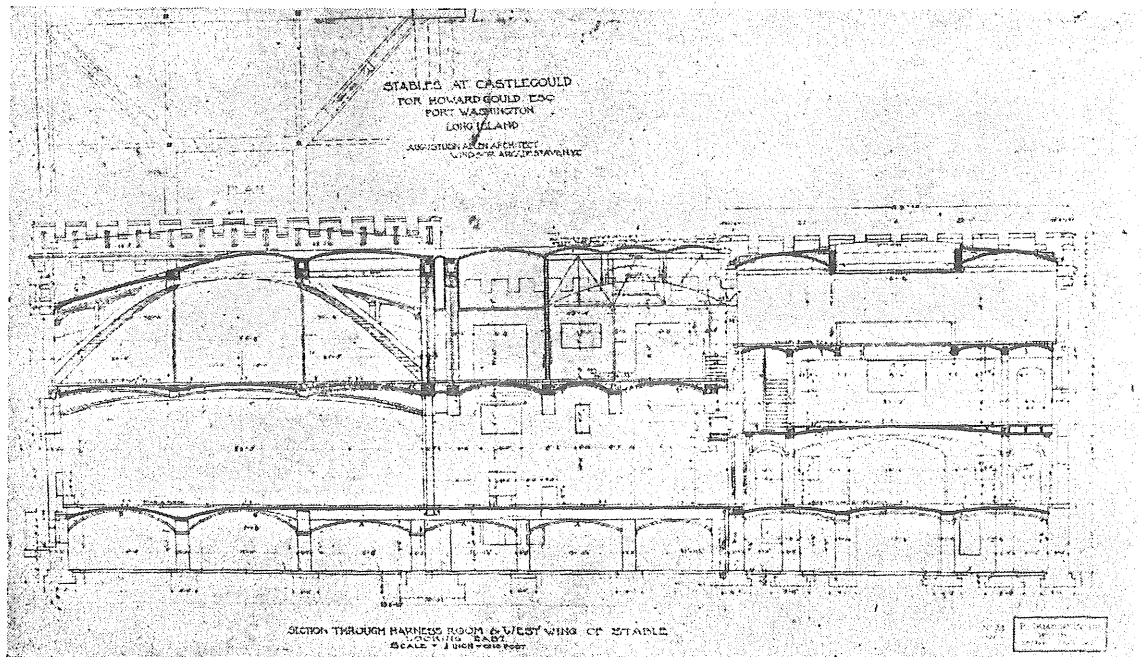


FIG. 60.

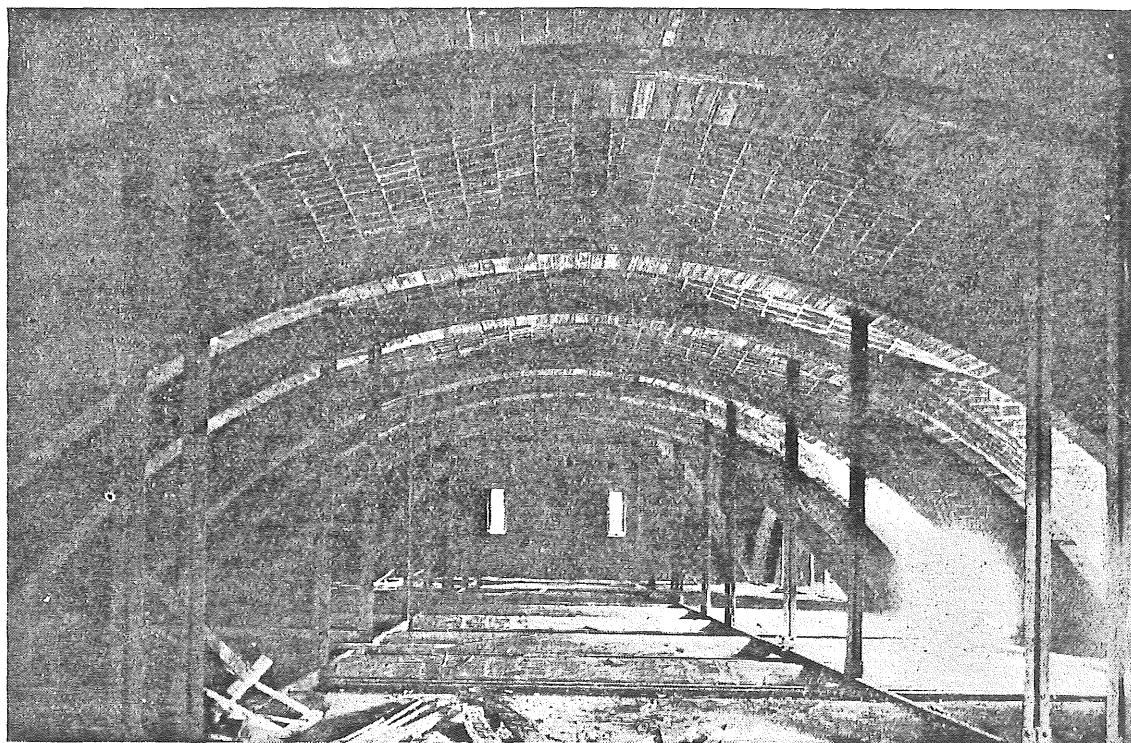


FIG. 61

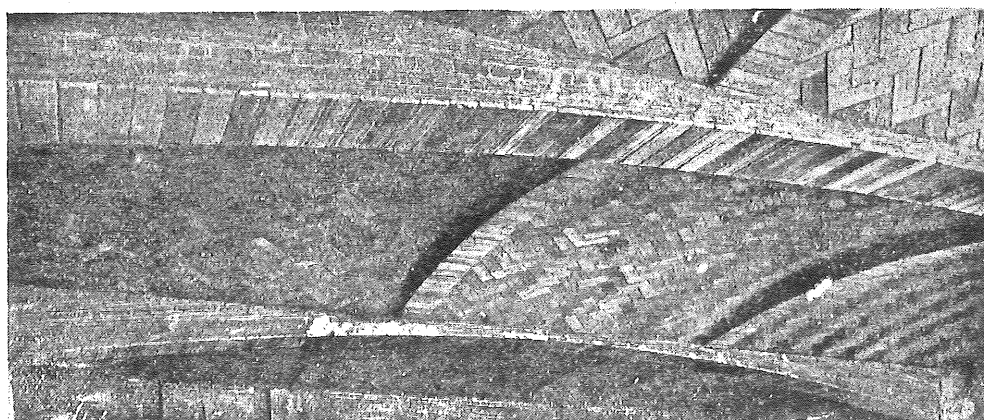


FIG. 62.

FIGS. 59, 60, 61 y 62.—Cuadras en Castlegould, Port Washington (Long Island): *Se trata de una inmensa construcción totalmente abovedada, con tres plantas en general y cuatro en una parte. Tiene la particularidad de que el forjado de la última planta está colgado de los grandes arcos del techo de la misma, mediante pendolones (fig. 61). Estos pendolones sostienen vigas pareadas de doble T, en que apoyan las bóvedas cilíndricas rebajadas, de generatrices perpendiculares al eje de la nave, que constituyen el forjado. Otros forjados, como el de la figura 62, son notables por el rebajamiento extraordinario de los arcos.*



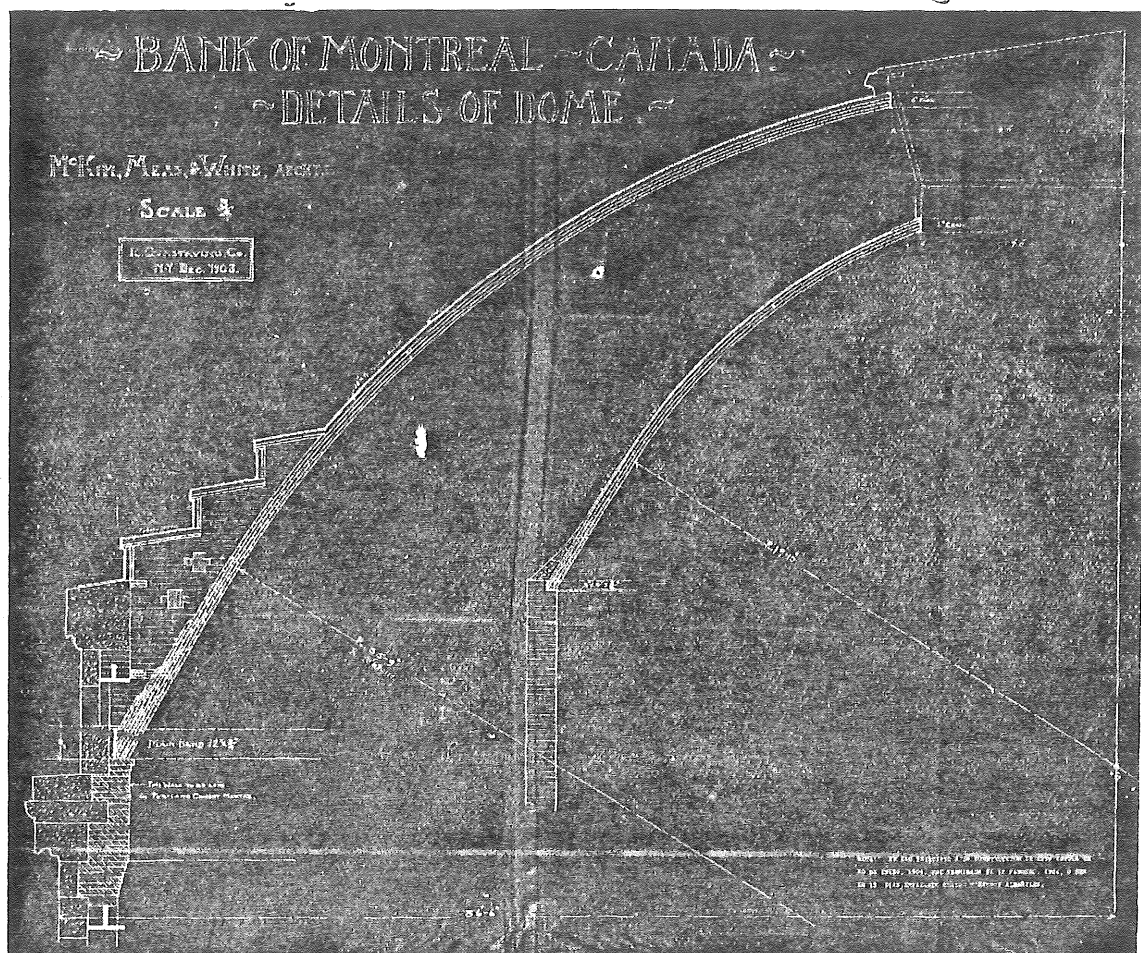
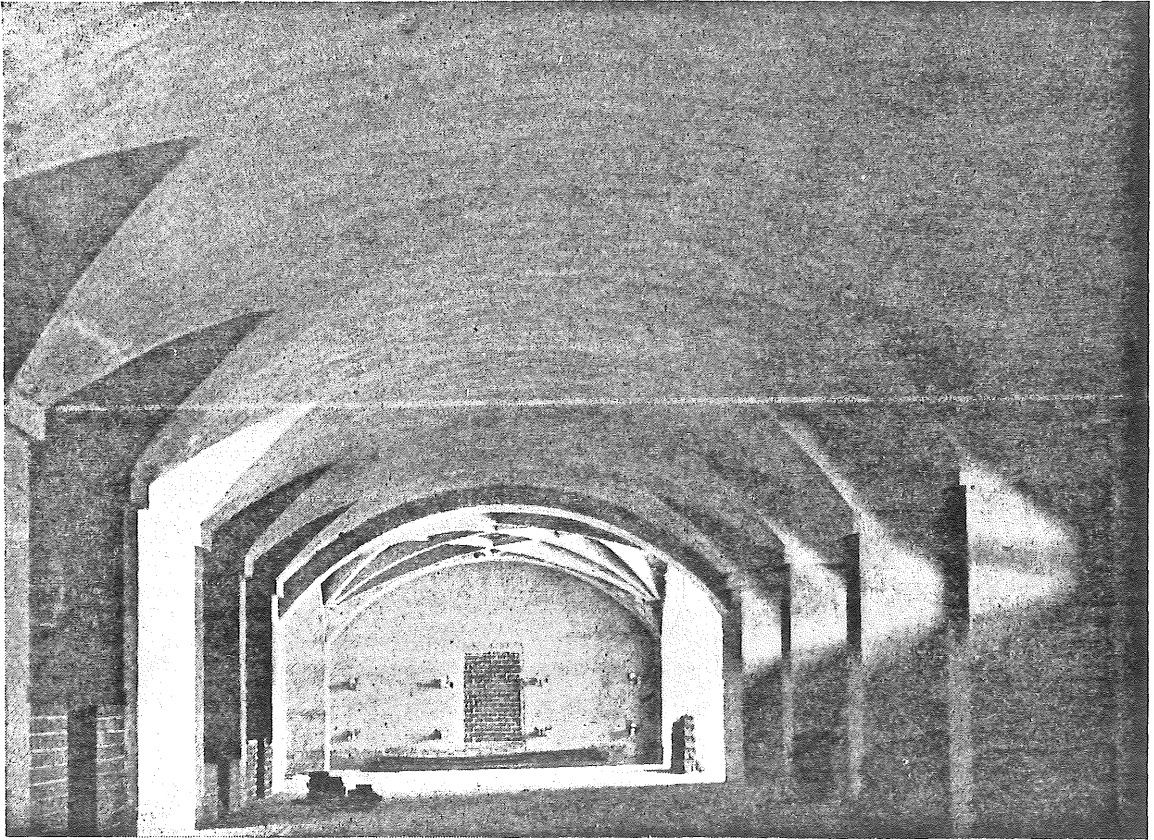


FIG. 63.—R. Guastavino ha construido muchas cúpulas semejantes a éstas, todas ellas de grandes dimensiones. En el plano de detalle de la del Banco de Montreal se observan los zunchos, que son un hierro de ángulo para cúpula interior, y dos hierros de T para la exterior, así como un hierro plano colocado en el mismo arranque de ésta. La cúpula interior consiste, sencillamente, en tres tableros, cubiertos con un enfoscado de cemento. La exterior tiene tres tableros, con otro más de refuerzo en la parte baja. Esta parte tiene, además, una estructura escalonada, que engloba los sucesivos refuerzos que va recibiendo la cúpula en su arranque, hasta alcanzar un total de siete tableros. La parte escalonada y la parte visible de la cúpula van revestidas de placas de hormigón poroso, de 32 a 38 mm. de grueso, sobre las que apoya la cubierta de cobre. El hierro plano que constituye el zuncho principal tiene 6,2 mm. de grueso y 304 mm. de altura. El diámetro de la cúpula es de 73 pies por el exterior, equivalentes a 22,25 m.

Es muy importante la observación que lleva este plano en su pie, escrita en español, y que dice así:

NOTA.—Se dió principio a la construcción de esta cúpula en 20 de enero de 1904. Fué terminada el 12 de febrero de 1904, o sea en diecinueve días, empleándose cuatro maestros albañiles.



# BOVEDAS ANTIGUAS

En cuanto a construcciones de otros tiempos, hay muchas que pueden ser modelos. Aunque las bóvedas, en sí, estén construídas de un modo diferente al de ahora, los problemas de empujes y sus soluciones eran parecidos a los que actualmente tenemos, y desde la Basílica de Constantino (figs. 64 y 65), Santa Sofía (figuras 66 y 67) y otras construcciones romanas y bizantinas, hasta llegar a las casas abovedadas de Juan de Villanueva, en Escorial y Madrid, hay una sucesión de composiciones hábiles y económicas que deben ser conocidas por el que trate de resolver un caso nuevo.

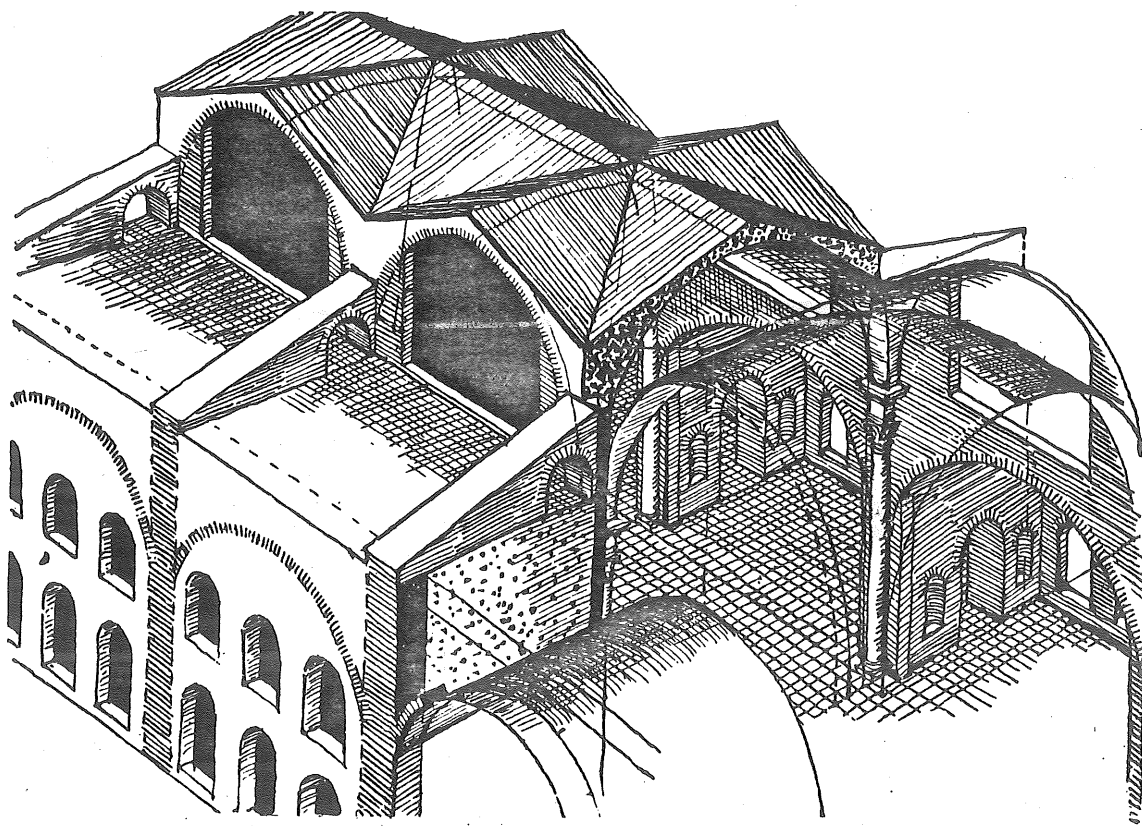
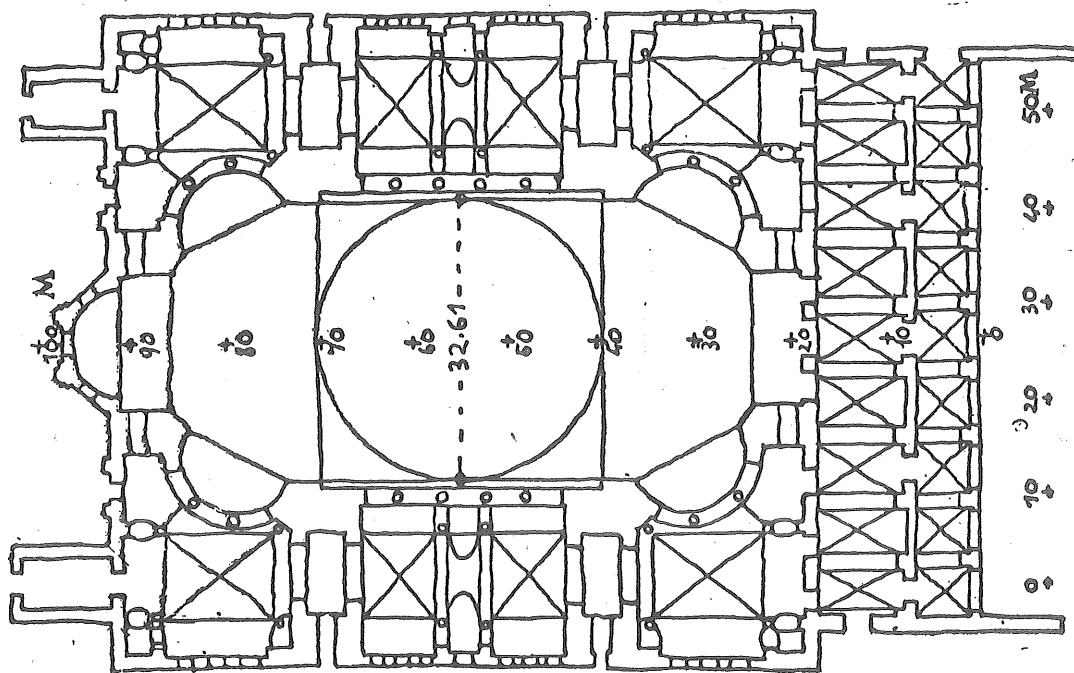
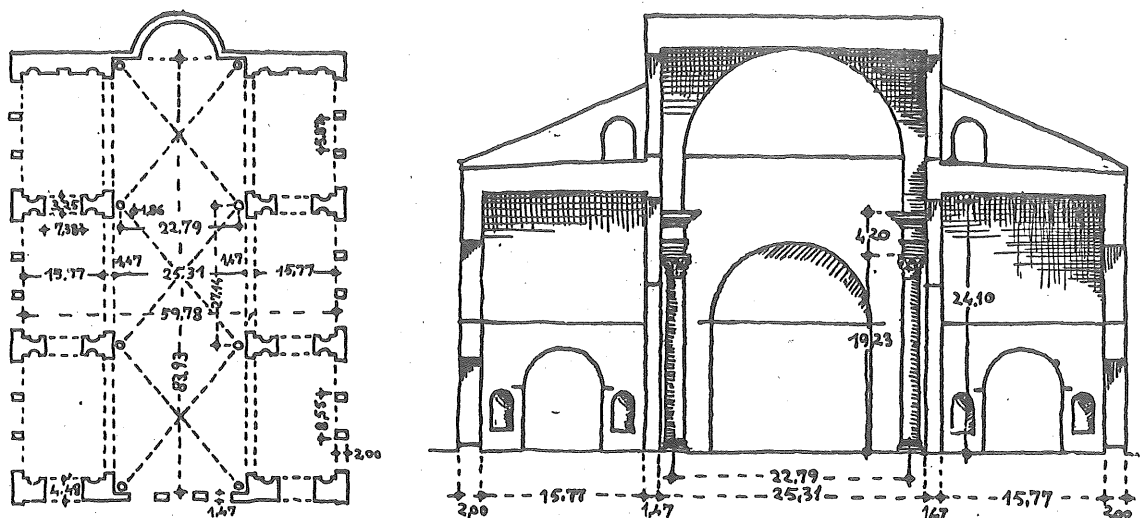


FIG. 64.—Basílica de Constantino, en Roma: *Nave central, cubierta con tres bóvedas por arista, contrarrestada por contrafuertes entre bóvedas de cañón perpendiculares al eje de la nave. Los contrafuertes están calados por arcos. Construída de ladrillo y hormigón, empleándose el ladrillo como guía de la construcción más que como parte resistente.*



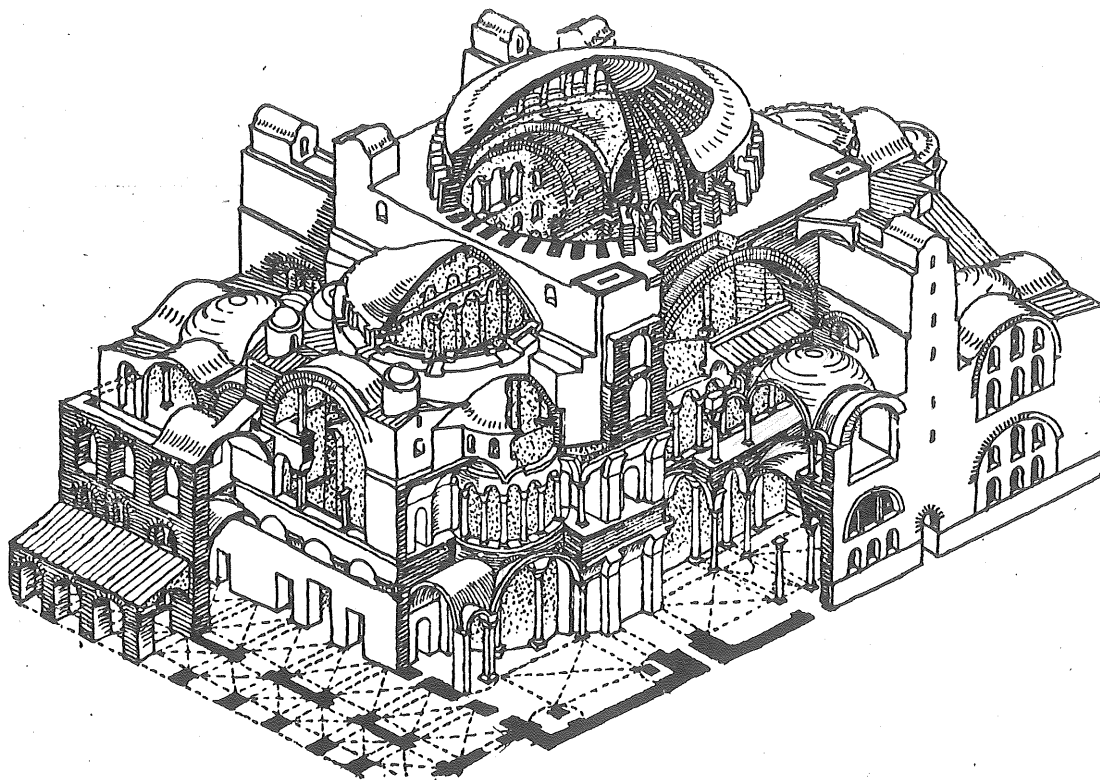


FIG. 67.—Santa Sofía, en Constantinopla: En la transmisión de empujes desde la cúpula central hasta las pequeñas bóvedas del contorno, tiene mucho interés la introducción de columnas de mármol, muy esbeltas, que sólo pueden soportar cargas verticales y que obligan a una compensación perfecta de los empujes de las bóvedas que cargan en ellas, pero que tienen las ventajas de ocupar muy poco sitio y no estorbar la visibilidad. Para este dibujo se han utilizado principalmente los datos de la obra de J. Ebersolt, *Monuments d'Architecture Byzantine*, por ser los más modernos que se han podido consultar (1934).

Es de especial interés la arquitectura de ladrillo, de origen bizantino, que se hacía en Georgia y Armenia con mayor riqueza de soluciones que en España, a cuya arquitectura se parece mucho, y cuyo conocimiento debo a S. A. R. el Príncipe Irakly, de Georgia.

Por su enorme extensión no pueden exponerse en este trabajo las soluciones que ofrece esta escuela, que se estudia en las siguientes obras:

Jurgis Baltrusaitis, *Etudes sur l'Art Médiéval en Géorgie et en Arménie*, Librairie Ernest Leroux, París, 1929.

J. Ebersolt, *Monuments d'Architecture Byzantine*. Les Editions d'Art et d'Histoire, París, 1934.

Ebersolt et Thiers, *Les Eglises de Constantinople*.

Strzygowski, en sus diferentes obras.

Aunque no es de ladrillo, sino de piedra, conviene tener presente, al proyectar, la solución de la Catedral de Gerona (fig. 68), cuya nave es la mayor del mundo entre las construídas de piedra, y está resuelta con gran sencillez y muy pequeño volumen de obra en relación a su tamaño. Poco menor es la nave central

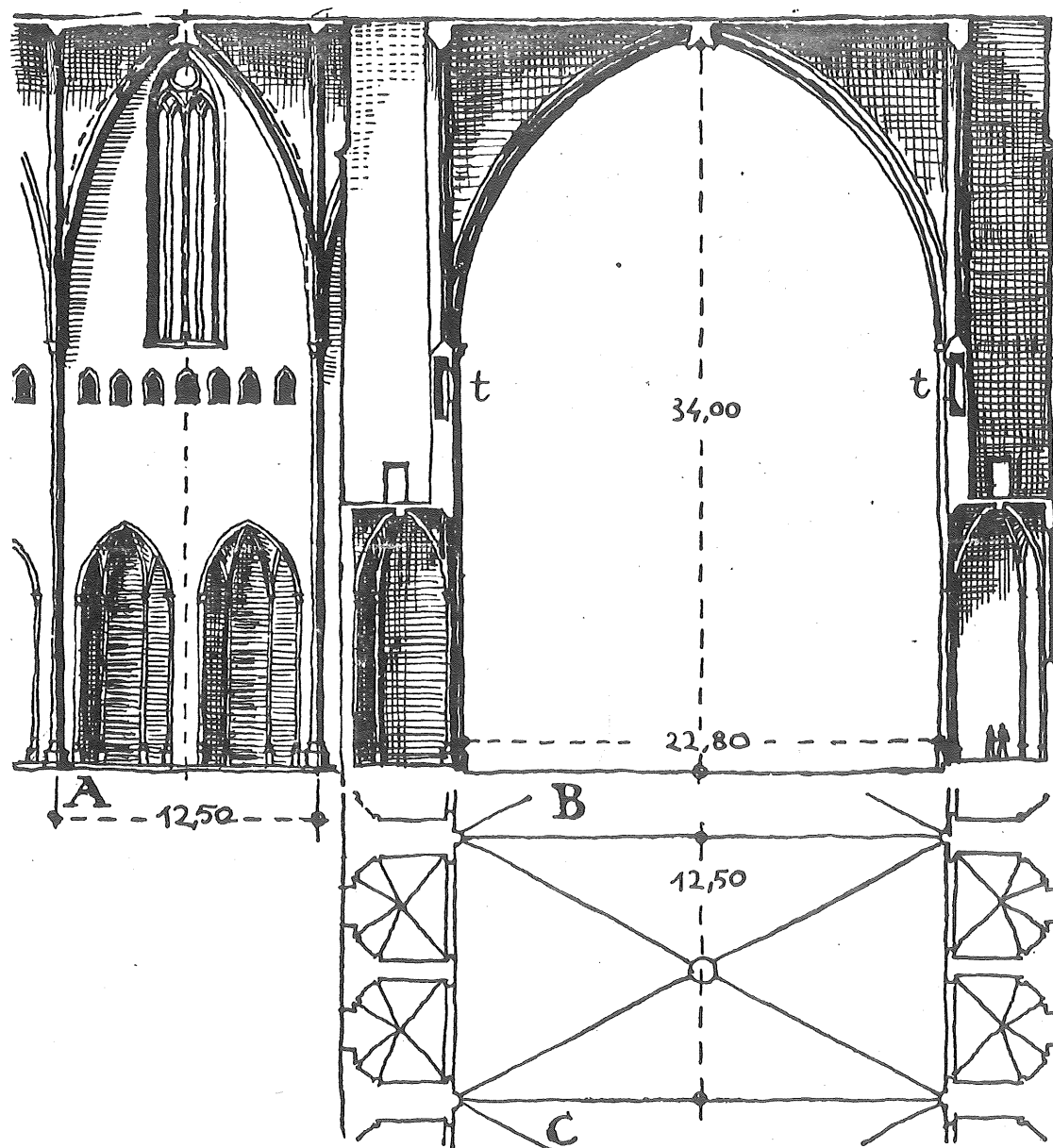


FIG. 68.—Nave de la catedral de Gerona:  
A: Alzado de un tramo. B: Sección. C: Planta. t: Triforio.



de la Catedral de Palma de Mallorca, pero es más atrevida por apoyar en pilares octogonales aislados, cuya altura es 17 veces el diámetro, por lo que las cargas han de ser casi verticales sobre ellos, resolviendo así en mayor tamaño lo que aparece ya en las construcciones laterales de Santa Sofía de Constantinopla con sus bóvedas sobre columnas aisladas de mármol. Es muy interesante el estudio de estas edificaciones cuando se trata de construir sin tirantes a la vista, pues enseñan a transmitir empujes desde el centro de la construcción hacia los costados, reduciendo progresivamente los empujes para que los contrafuertes extremos sean pequeños, y teniendo en el interior sólo cargas casi verticales, que son soportadas por columnas de poca sección.

El sistema de la Catedral de Gerona ha sido muy fecundo en Cataluña, y es un magnífico precedente de la habilidad con que allí se maneja el sistema abovedado y sus derivaciones.

La figura 69 es un ejemplo de las soluciones que se emplean en Extremadura. Se hacen formas variadas de bóvedas de cañón, con o sin lunetos; bóvedas por arista, rincón de claustro y cúpulas. Los muros de tapial o adobe son de gran espesor y absorben los empujes. Este sistema se sigue empleando en la actualidad.

Durante el período de escasez de hierro de la guerra de 1914 a 1918, el arquitecto D. Juan Moya hubo de sustituir las armaduras de madera de la Iglesia de las

Huelgas, de Burgos; y no pudiendo emplear armaduras metálicas, proyectó arcos de ladrillo atirantados sobre la nave central; pero no habiendo recibido a tiempo los tirantes, los hizo sin atirantar, con el empuje contrarrestado por los grandes contrafuertes existentes.

Finalmente, es tan grande la importancia de las obras hechas con este sistema en Cataluña, de donde ha tomado el nombre corriente de «construcción a la catalana», que el autor ha preferido no mencionar ninguna de esas obras, pues espera que algún arquitecto de la región acometa la empresa de publicar una exposición tan larga y detallada como merecen, lo que sería de la mayor importancia para la construcción actual y para su historia remota o inmediata.

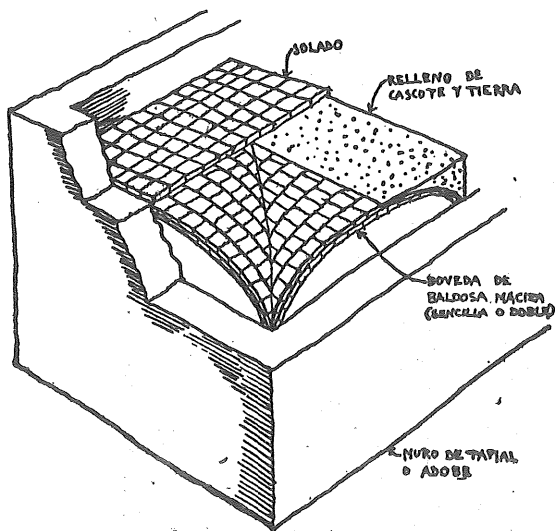
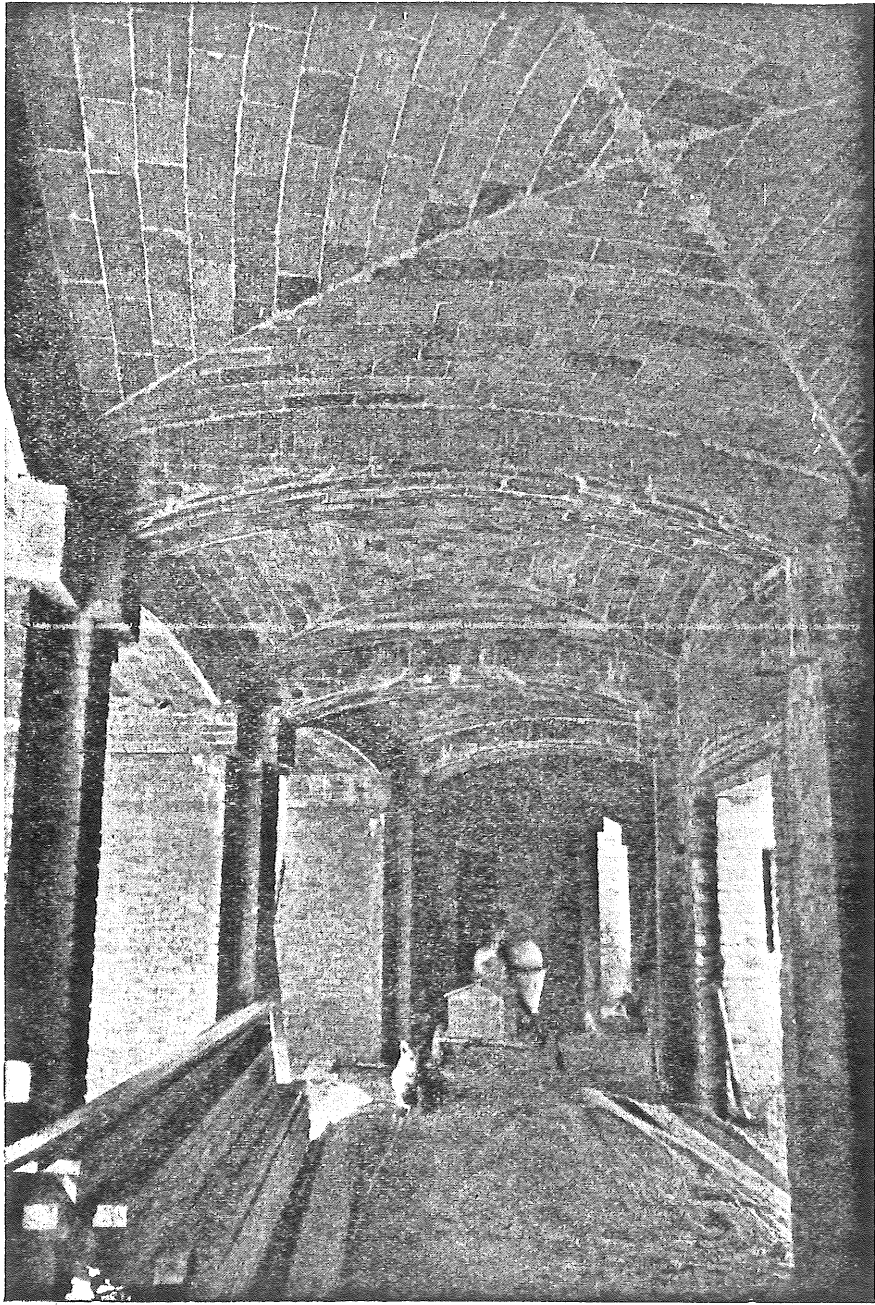


FIG. 69.—Sistema tradicional en Extremadura: La bóveda se forma de una o dos hojas de baldosa maciza delgada puesta de plano y cogida con yeso. Los muros son de tapial o adobe, y el relleno de cascote y tierra. Se emplea la cal para consolidar el tapial y el relleno.



# D A T O S

## AGRUPACIONES DE BOVEDAS

En construcciones que no sean de carácter industrial, pocas veces pueden emplearse sólo bóvedas de un tipo sencillo, siendo necesario combinar varios tipos en cada edificio. Las figuras que se acompañan corresponden al Hospital de la Mutual del Clero e Iglesia parroquial de Manzanares, ambos reconstruidos aprovechando sus muros; Museo de América, en Madrid; Escolasticado de la Compañía de María (Religiosos Marianistas), en Carabanchel Alto; y grupo de casas en el barrio de Usera, en Madrid (obra de la Dirección General de Arquitectura), todos los cuales sirven para explicar combinaciones de bóvedas, a veces bastante complicadas. En este trabajo sólo se exponen obras en que ha tenido intervención el que suscribe, siendo de desear que los arquitectos catalanes expongan las suyas, así como nuestros compañeros Sres. Aburto y Cabrero, y el aparejador D. Manuel Casas, que han hecho muchas en Talavera, y el grupo de arquitectos que ha construido la plaza de toros de Melilla (formado por los Sres. Blond, Saiz de Vicuña, Cristos, Faci y Varela) y cuantos puedan aportar datos sobre este importante sistema de construcción. En cuanto a la construcción usual a la catalana, no se estudia en este trabajo por ser muy conocida por todos nosotros.

### GRUPO DE CASAS EN EL BARRIO DE USERA. MADRID

Construidas desde mayo a julio de 1942 por la Dirección General de Arquitectura. Figuras 1, 25, 26, 27, 28, 70, 71 y 72. Arquitecto: Luis Moya. Aparejador: Manuel Casas.

Son una serie de doce bóvedas cilíndricas iguales, repetidas en la planta alta por otras doce de generatriz inclinada y contrarrestadas en cada extremo del grupo por un sistema de contrafuertes. No se ha empleado nada de hierro o madera en la estructura. El piso y la cubierta, de teja curva, cargan sobre las bóvedas correspondientes mediante relleno ligero de cascote hueco con lechada de cemento. Publicadas en la *Revista Nacional de Arquitectura* número 14, febrero de 1943.

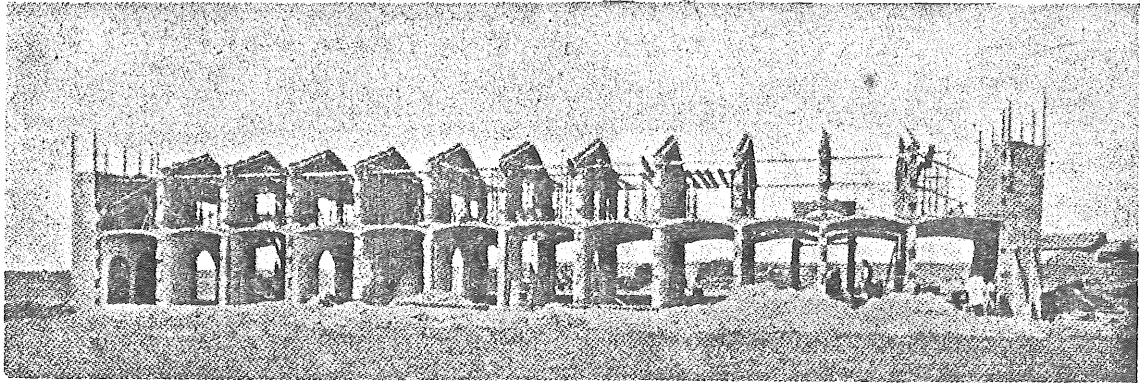


FIG. 70.

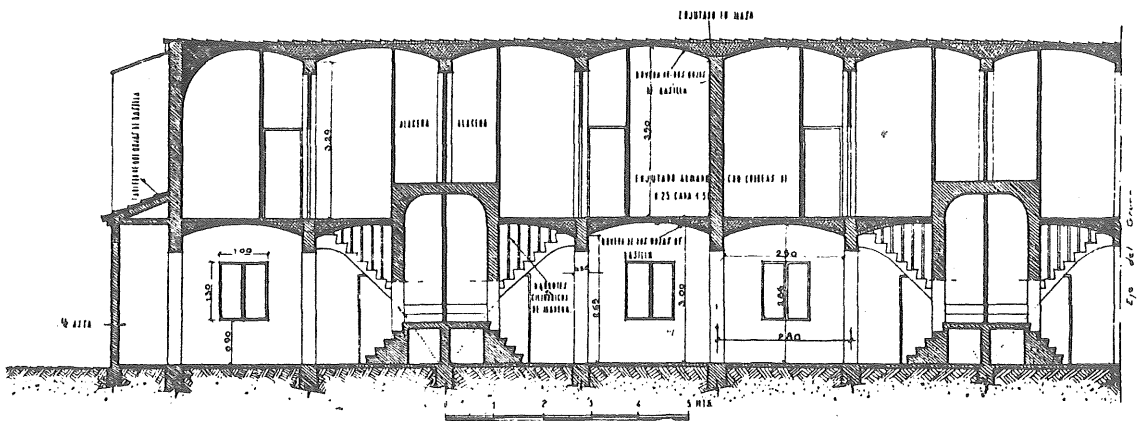


FIG. 71.—Sección longitudinal.

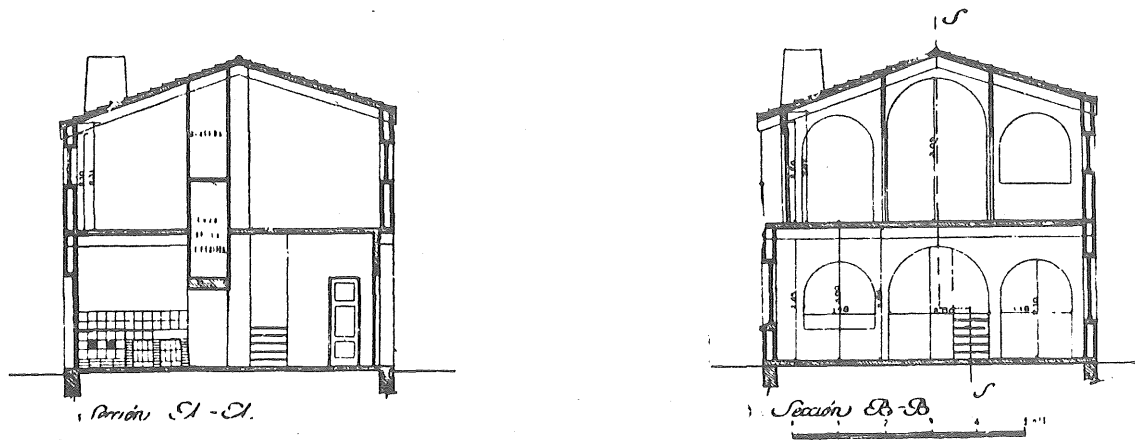


FIG. 72.—Secciones transversales.

## IGLESIA PARROQUIAL DE MANZANARES (CIUDAD REAL)

Reconstruida desde 1943 a 1945. Arquitectos: Pedro Muguruza, Enrique Huidobro y Luis Moya.

Se han aprovechado los muros y contrafuertes existentes; la bóveda nueva sigue la distribución de tramos de la antigua, destruída por los rojos. La necesidad de reconstruir el palomar que había sobre la bóveda ha llevado a elegir la forma de bóvedas vaídas para la nave, colocando las celdas del palomar en los senos que quedan entre cada dos bóvedas contiguas con acceso desde un pasillo central sobre el arco fajón, al cual llegan las palomas por buhardillones. La bóveda, en

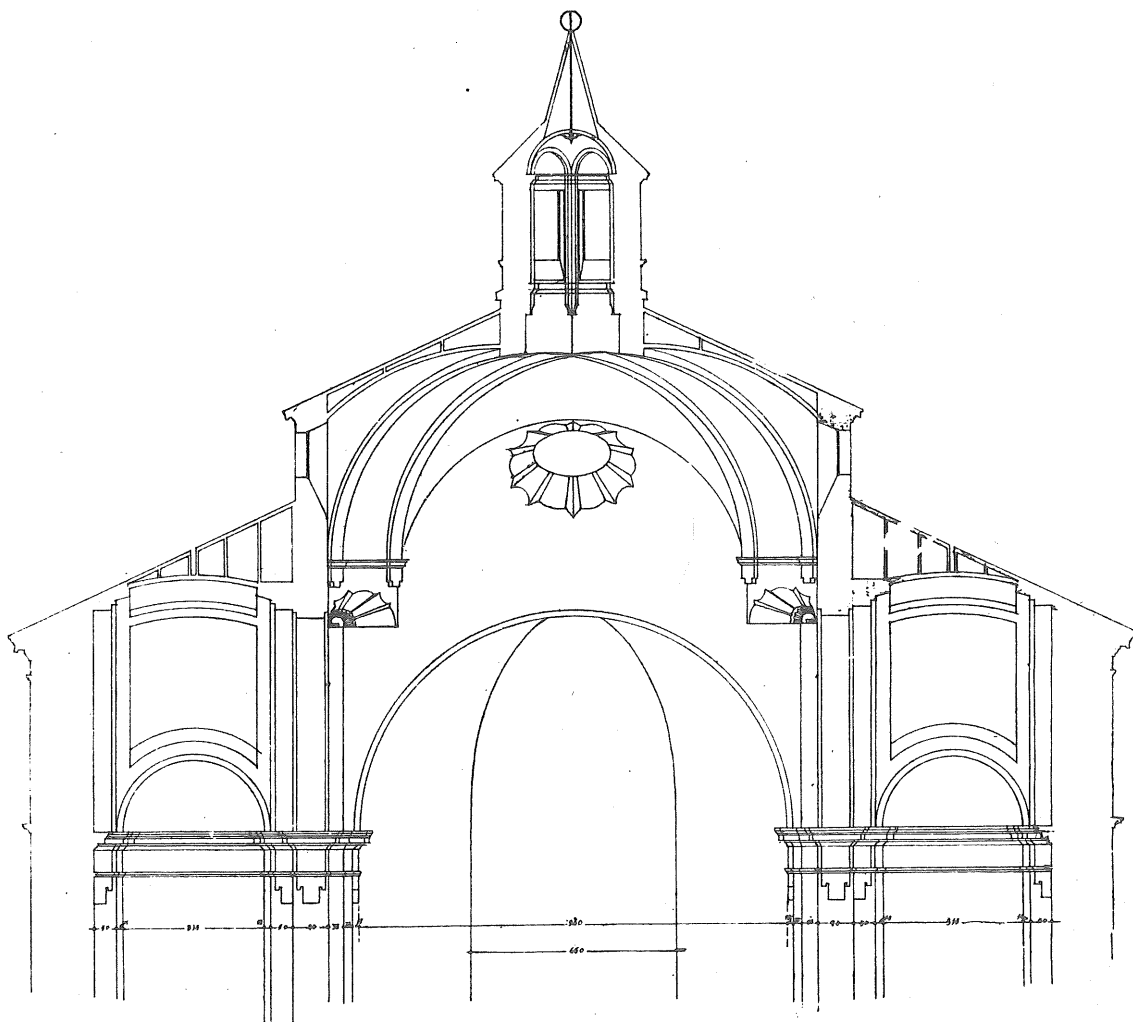


FIG. 73.—Sección de la cúpula del crucero.

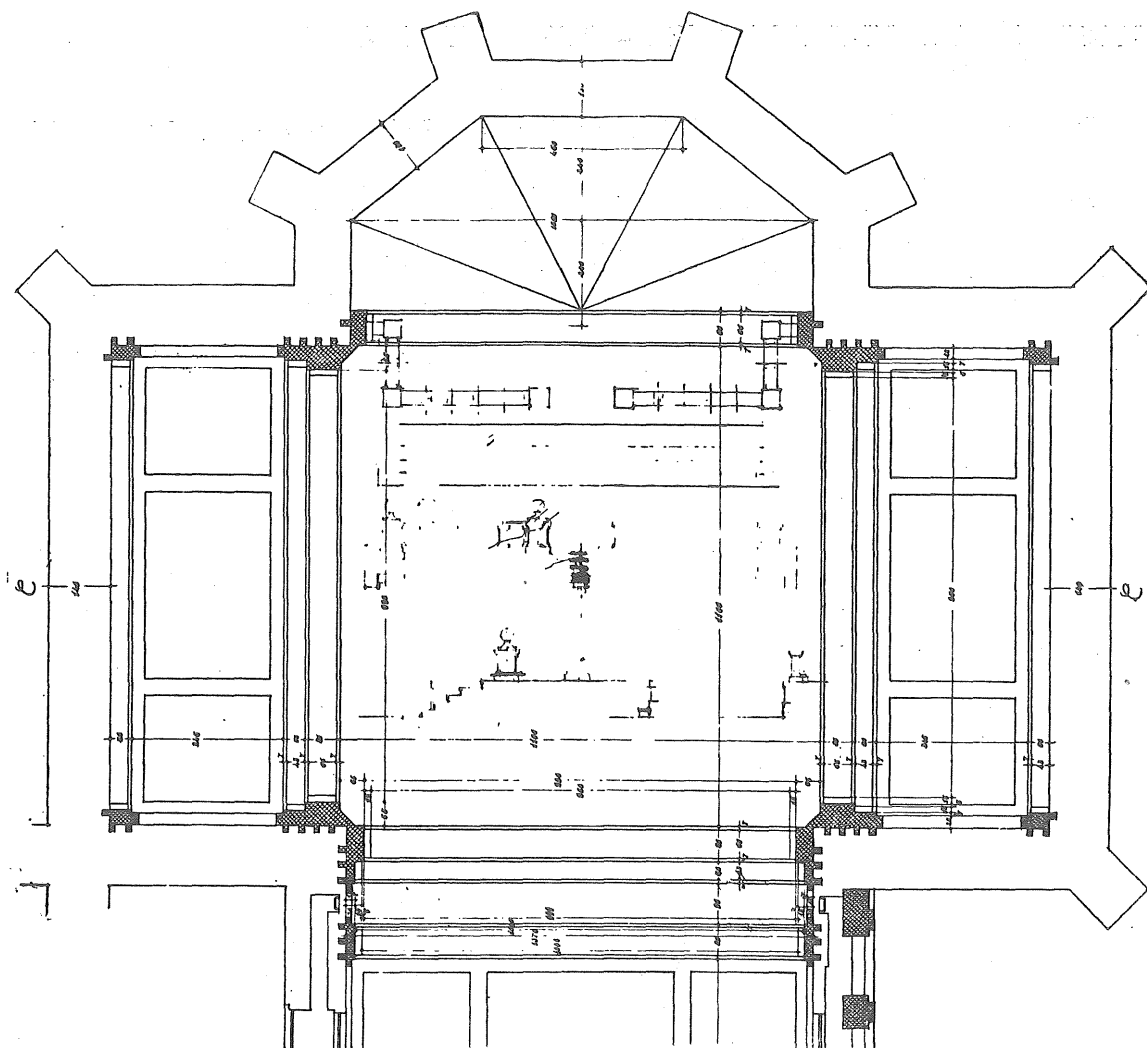


FIG. 74.—Planta del crucero.

sus partes altas, es tangente a los planos inclinados de la cubierta, que apoyan en general sobre aquélla mediante un sistema celular de tabiques formados por tablero doble de rasilla. Las juntas de dilatación se han hecho cortando los tableros de cubierta, por lo que a cada junta corresponden dos tabiquillos muy próximos, como se ve en los planos. En los accesos a los palomares se han construido pilares y arcos de ladrillo hueco. Como la parte aprovechable ha quedado dañada por el incendio, se han atirantado los arcos fajones. Cada tramo tiene  $10,70 \times 7,80$  m. de luces. La cúpula del crucero se eleva sobre una caja cuadrada de 11 m., de ladrillo, y su estructura consiste en dos pares de arcos cruzados formados por ocho



correas de ladrillo macizo sobre dos de hueco, con 1 y 1/2 astas de ancho. Sobre ellos apoyan bóvedas cilíndricas y elipsoidales. El cuadro central sirve de apoyo a la linterna. La cubierta, a cuatro aguas, se compone de un doble tablero de rasilla que sostiene la teja curva, apoyado sobre las bóvedas mediante tabiques de rasilla. Su atirantado queda completamente oculto en los muros que forman la caja del crucero.

## HOSPITAL DE LA MUTUAL DEL CLERO. MADRID

Reconstruída desde 1941 hasta 1945. Arquitectos: Ramiro Moya y Luis Moya. Figuras 9, 32, 35, 40, 75, 76, 77 y 78.

De este edificio, incendiado por los rojos, se han aprovechado los muros de fábrica de ladrillo, excepto en las escaleras. La complicación del edificio ha obligado a emplear gran número de bóvedas diferentes, de las cuales se exponen algunos

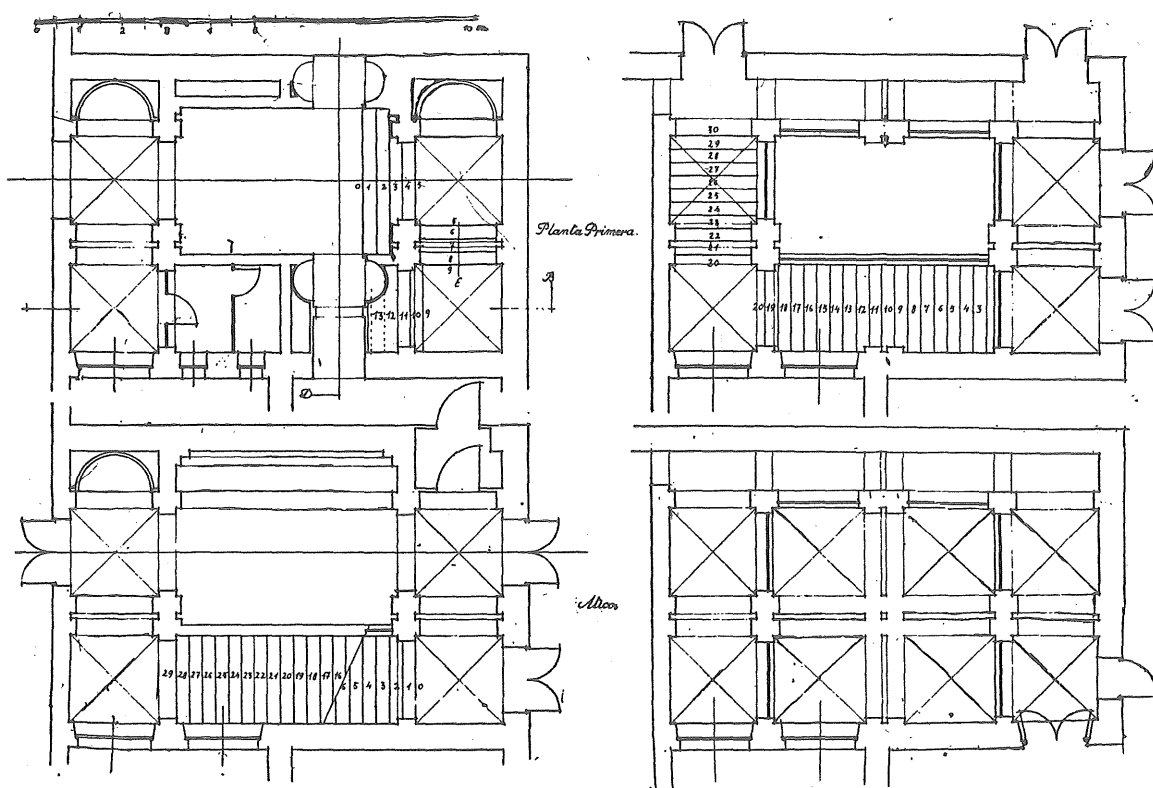


FIG. 75.—Plantas de la escalera principal.

ejemplos, y cuyo empleo en gran escala debemos al impulso del capellán del Hospital, D. Vicente Mayor.

El salón del ángulo SE. del piso superior, de 7,30 m. en cuadro, tiene una bóveda de rincón de claustro (figs. 9, 32 y 40) contrarrestado por un estribo que la rodea, formado por viguetas doble T, perfil 14, colocadas de plano. La carga sobre cada uno de los cuatro paños es de dos toneladas, producida en dos de ellos por la cubierta y los altos tabiquillos que la sostienen, y en los otros dos por un re-

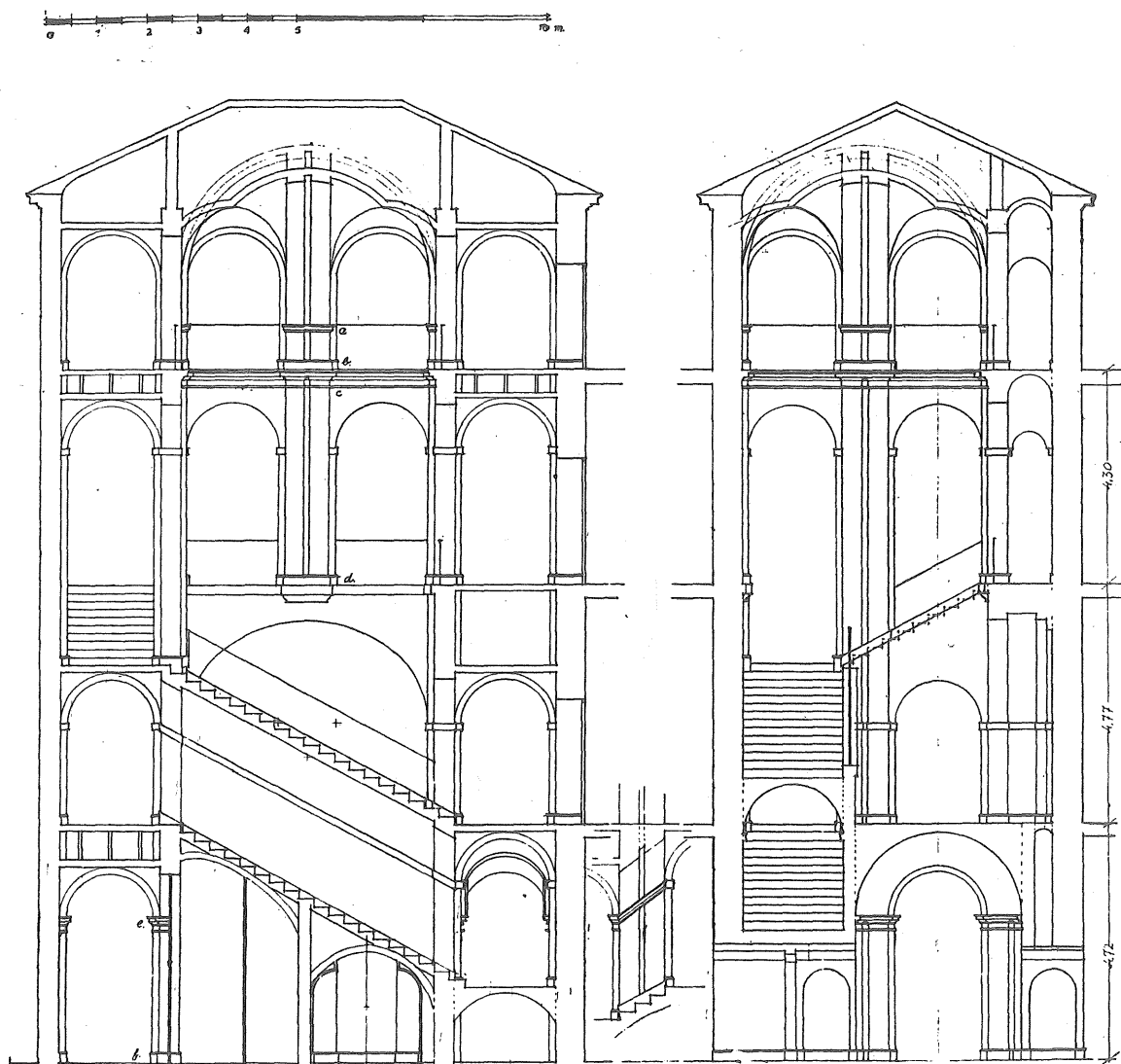


FIG. 76.—Secciones de la escalera principal.

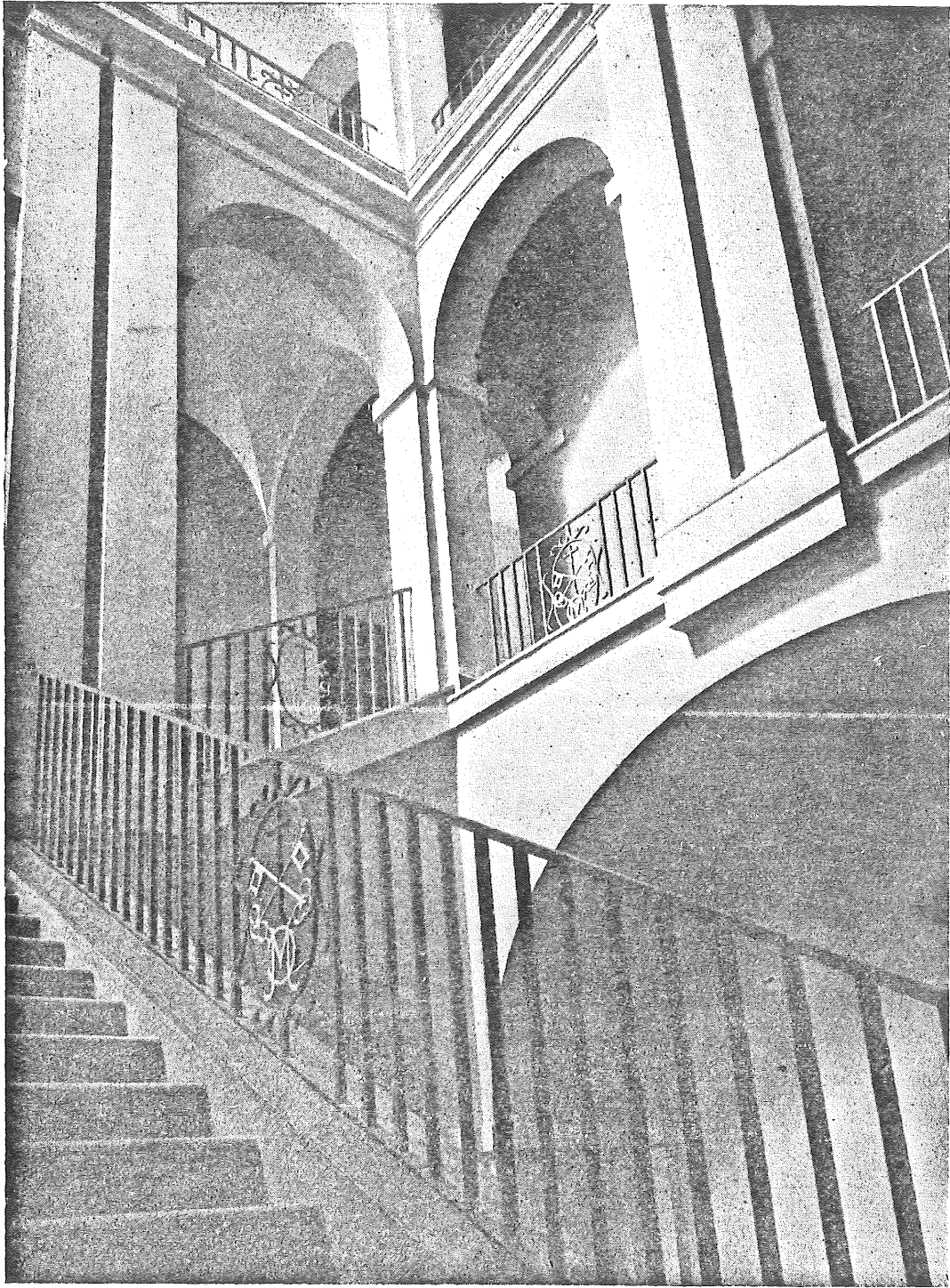
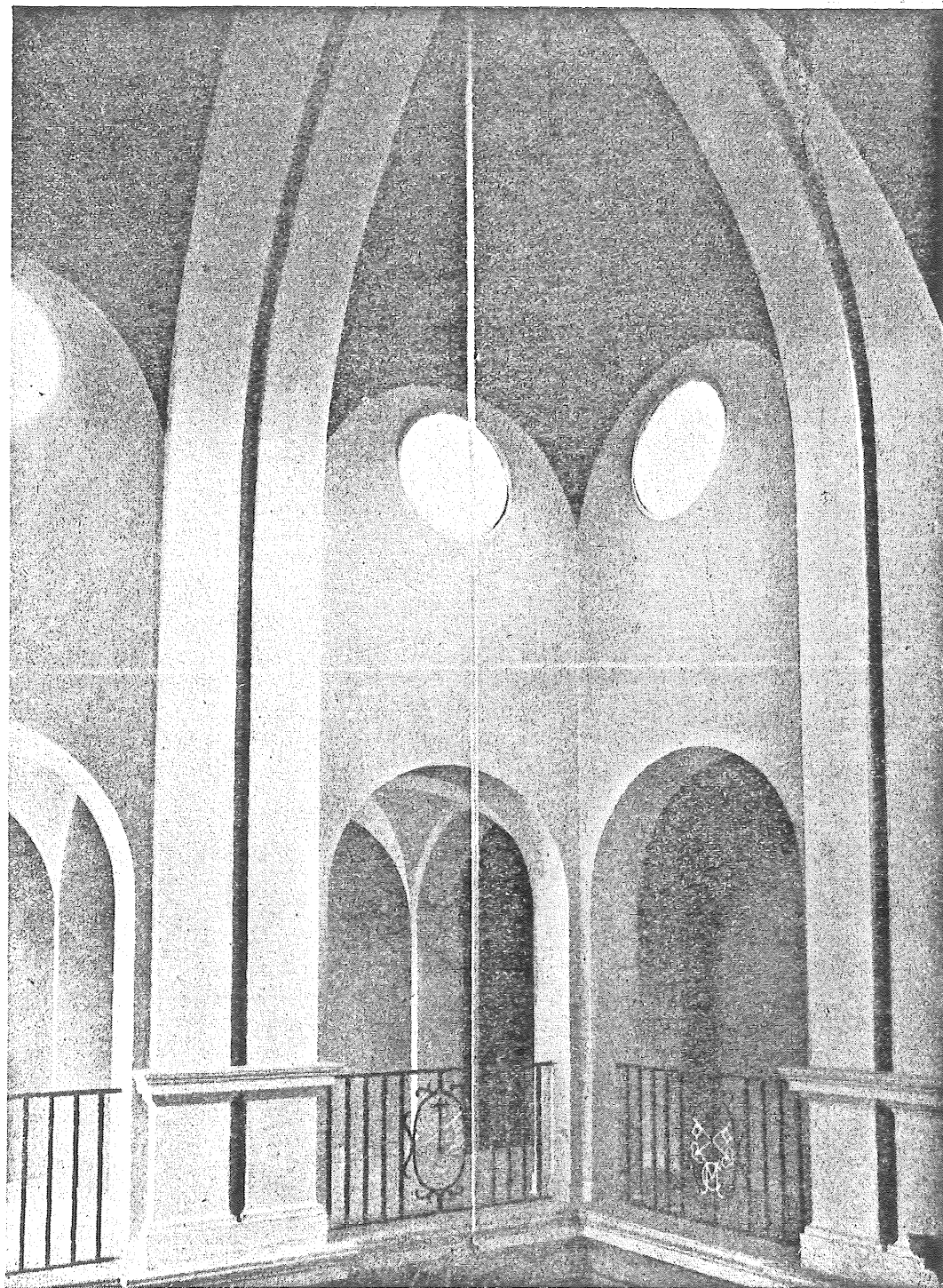


FIG. 77



FIGS. 77 y 78.—*Vistas de la escalera principal.*

lleno artificial que sirve para lograr la simetría de pesos. La bóveda es de cuatro hojas de rasilla.

Una cruzía de 5,17 m. de luz, cubierta a un agua, tiene una bóveda asimétrica que reduce la altura de los tabiquillos, pero requiere un relleno de hormigón en uno de los riñones (fig. 32). En la parte Norte hay una cubierta de planta trapezoidal, sobre una bóveda de 9 m. de luz en una cabeza y de 7 m. en la otra. Esta bóveda es cilíndrica, con las generatrices paralelas a un costado y acometiendo al contrario según un trozo de elipse, al que sigue aproximadamente un estribo recto de doble T empotrado en el muro. Los tirantes que unen ambos estribos forman una superficie alabeada. Como éstos, hay otros muchos casos especiales. Las escaleras están construídas también de bóvedas tabicadas, apoyadas sobre pilares de ladrillo macizo, y son complicadas porque en ellas se concentran problemas de acceso y circulación. Al mismo tiempo, se ha procurado que tengan el aspecto digno que corresponde a este edificio.



## IGLESIA DE SAN PEDRO, DEL HOSPITAL DE LA MUTUAL DEL CLERO. MADRID

Reconstruída en 1945 y 1946. Arquitectos: Ramiro Moya y Luis Moya, con Luis García Palencia como arquitecto de Regiones Devastadas.

La nave se compone de bóvedas por arista, para las que se han aprovechado como guías las aristas metálicas que tenían las antiguas. Sobre ellas se apoya, por medio de tabiquillos, el tablero de la cubierta. Como antes del incendio había sobre la bóveda una armadura de cubierta, al hacer el nuevo sistema se ha rebajado mucho el nivel de aquélla y ha quedado inútil la parte alta de los muros laterales, que no se ha derribado porque hubiese sido muy costosa esta operación. Por tanto, han quedado como grandes antepechos. La cúpula está cubierta con un casquete esférico, con zuncho circular (fig. 79). El chapitel de la torre se ha reconstruído sobre los muros existentes mediante fábrica de ladrillo y bóvedas de rasillas, y con un pequeño armazón metálico para esfuerzos secundarios (figura 80).

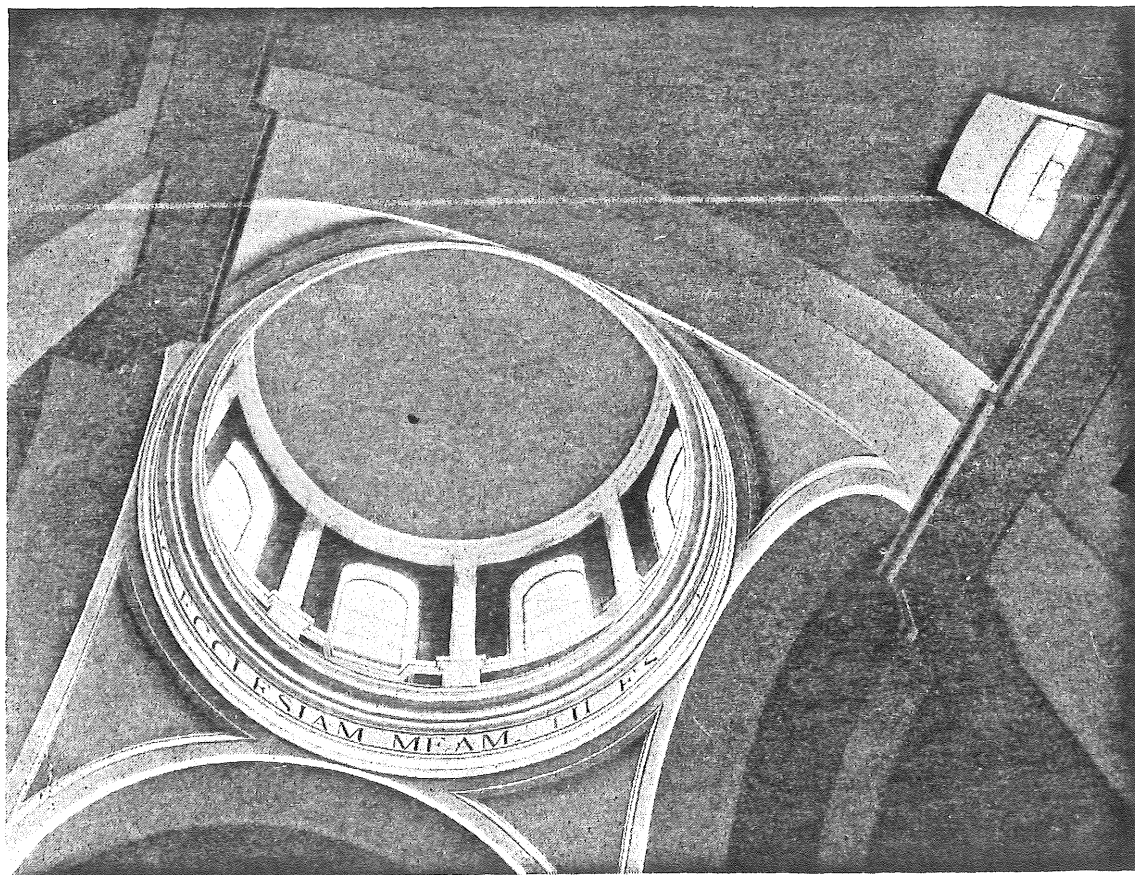


FIG. 79.—Cúpula de la Iglesia.



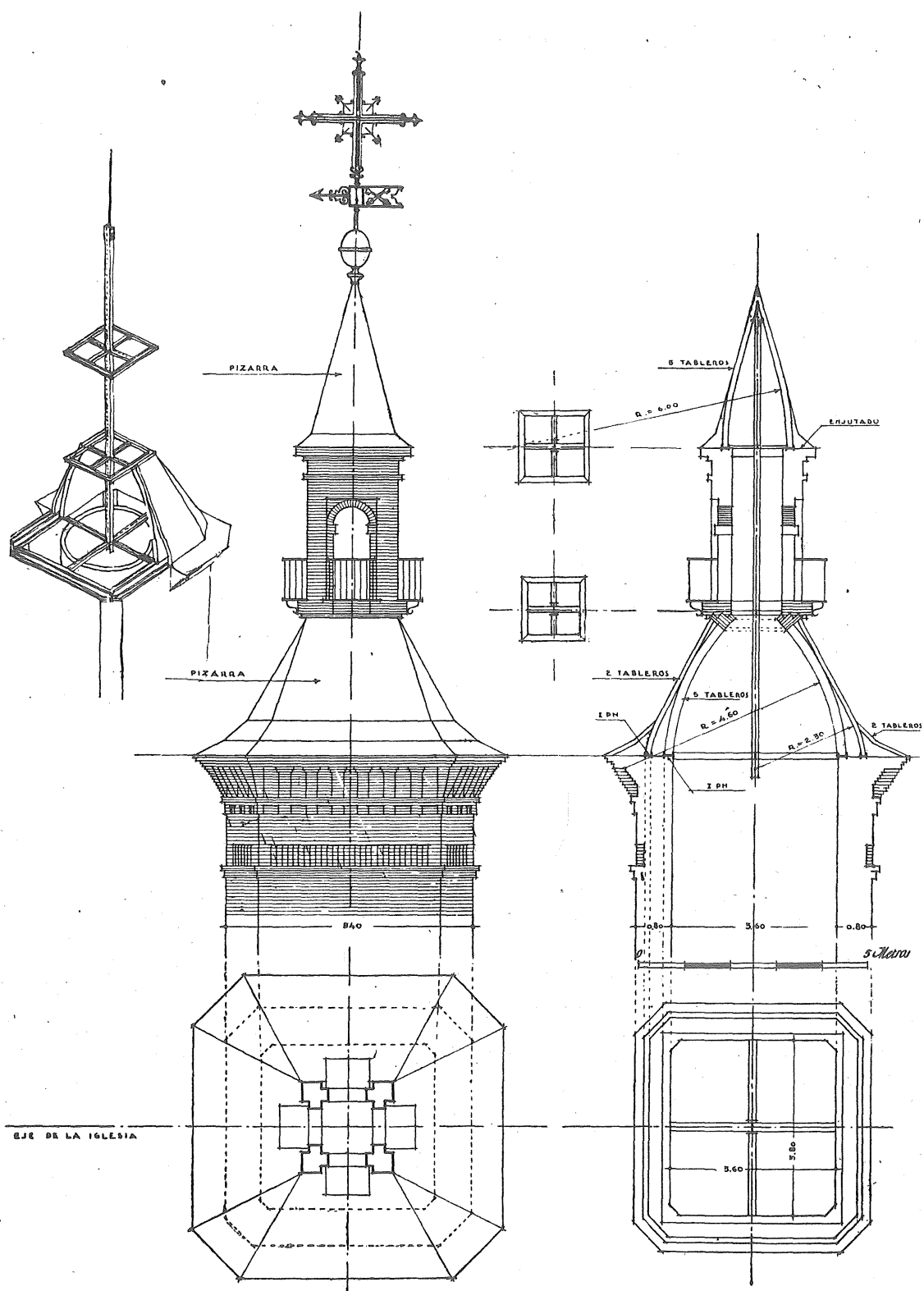


FIG. 80.—Chapitel de la torre.



ESCOLASTICADO DE LA COMPAÑIA DE MARIA. RELIGIOSOS MARIANISTAS  
(CARABANCHEL ALTO, MADRID)

Construído desde 1942 hasta 1944. Arquitecto: Luis Moya. Figuras, 1, 7, 14, 15, 18, 64 a 81.

Se ha publicado en el núm. 39 de la *Revista Nacional de Arquitectura*, marzo 1945. En la capilla (figs. 81, 82, 83 y 84), las bóvedas de los cuatro brazos de la cruz son de cuatro hojas de rasilla, sobre las que cargan tabiquillos a 0,75 m., que sostienen el tablero doble de cubierta. Las bóvedas se refuerzan en sus cabezas con arcos superiores de seis correas de ladrillo macizo, para apoyo del tambor de la cúpula. Estos arcos de planta curva tienen empotrado un tirante circular que rodea el tambor, y que es independiente del atirantado general que indica la figura, aunque está atado al mismo. Los muros del tambor, de dos astas, son de ladrillo macizo sobre los cuatro pilares, y hueco sobre los cuatro arcos. Estos arcos



FIG. 81.—Abside de la capilla.

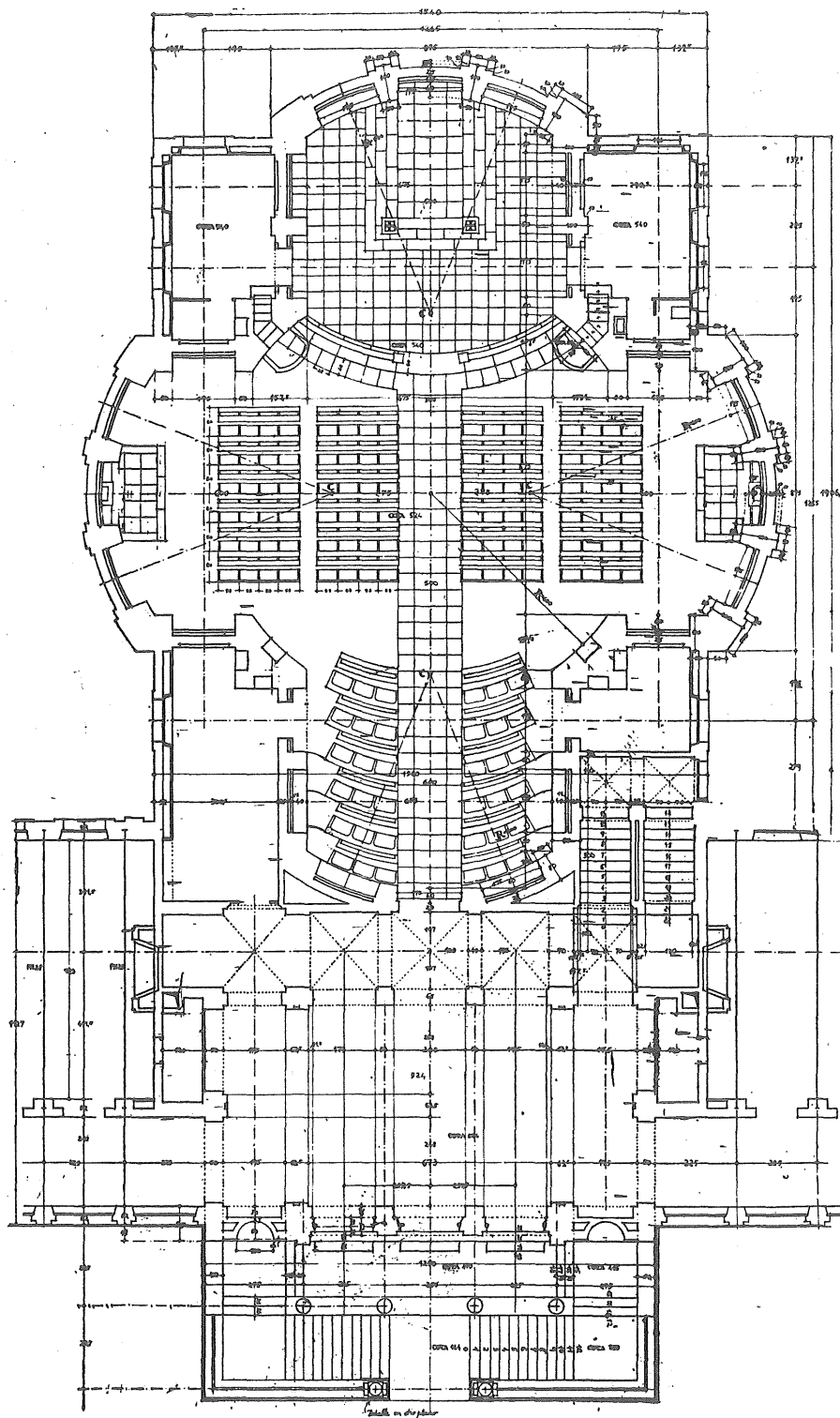


FIG. 82.—*Planta de la capilla.*

son fragmentos de elipse colocados en planos a  $45^\circ$ , puesto que son intersección de cilindros horizontales y verticales, cuyo radio es de 6 m. en todos. La cúpula, de 12 m. de diámetro interior, está formada por cuatro partes de arcos de un pie de ancho, de los cuales son de ladrillo macizo (5 correas sobre dos correas de rasilla), los cuatro arcos que cargan próximos a los cuatro machones, y de ladrillo hueco sobre dos correas de rasilla los otros cuatro, que cargan próximos a las cuatro claves. Sobre ellos apoyan bóvedas cilíndricas de tablero triple de rasilla con lunetos elipsoidales en el contorno. La cubierta es piramidal, de 16 lados, y está formada por tableros dobles de rasilla sobre tabiquillos que cargan en las bóvedas.

El atirantado de la capilla absorbe el sobrante de empujes que no puede contrarrestar el sistema de contrafuertes de  $1,00 \times 0,50$  m. de planta y sus arcos de enlace. La cadena inferior A (fig. 85) sirve de estribo a las bóvedas bajas, y está atirantada con el sistema de barras de 30 mm. de diámetro que indica la figura, por encima de dichas bóvedas, transmitiendo los esfuerzos a cuatro puntos situados so-

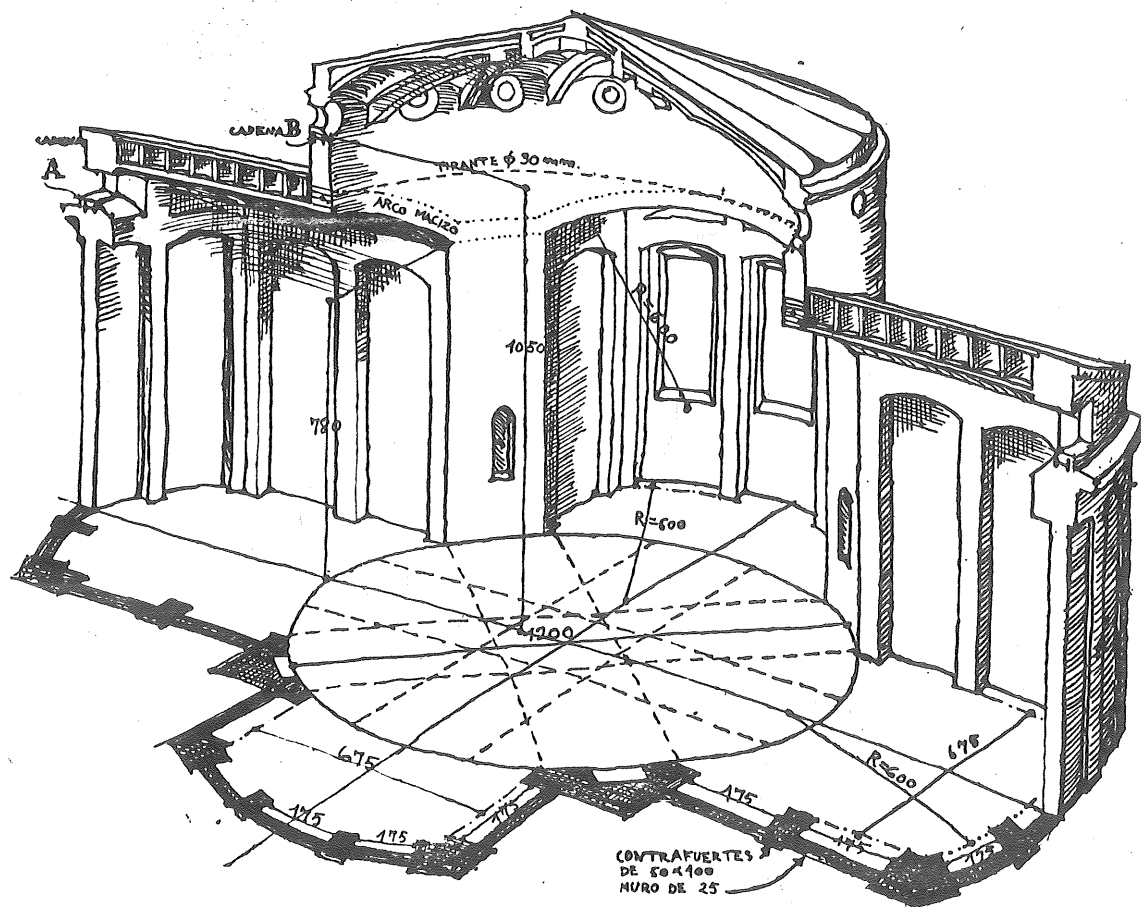


FIG 83.—Esquema constructivo de la capilla.

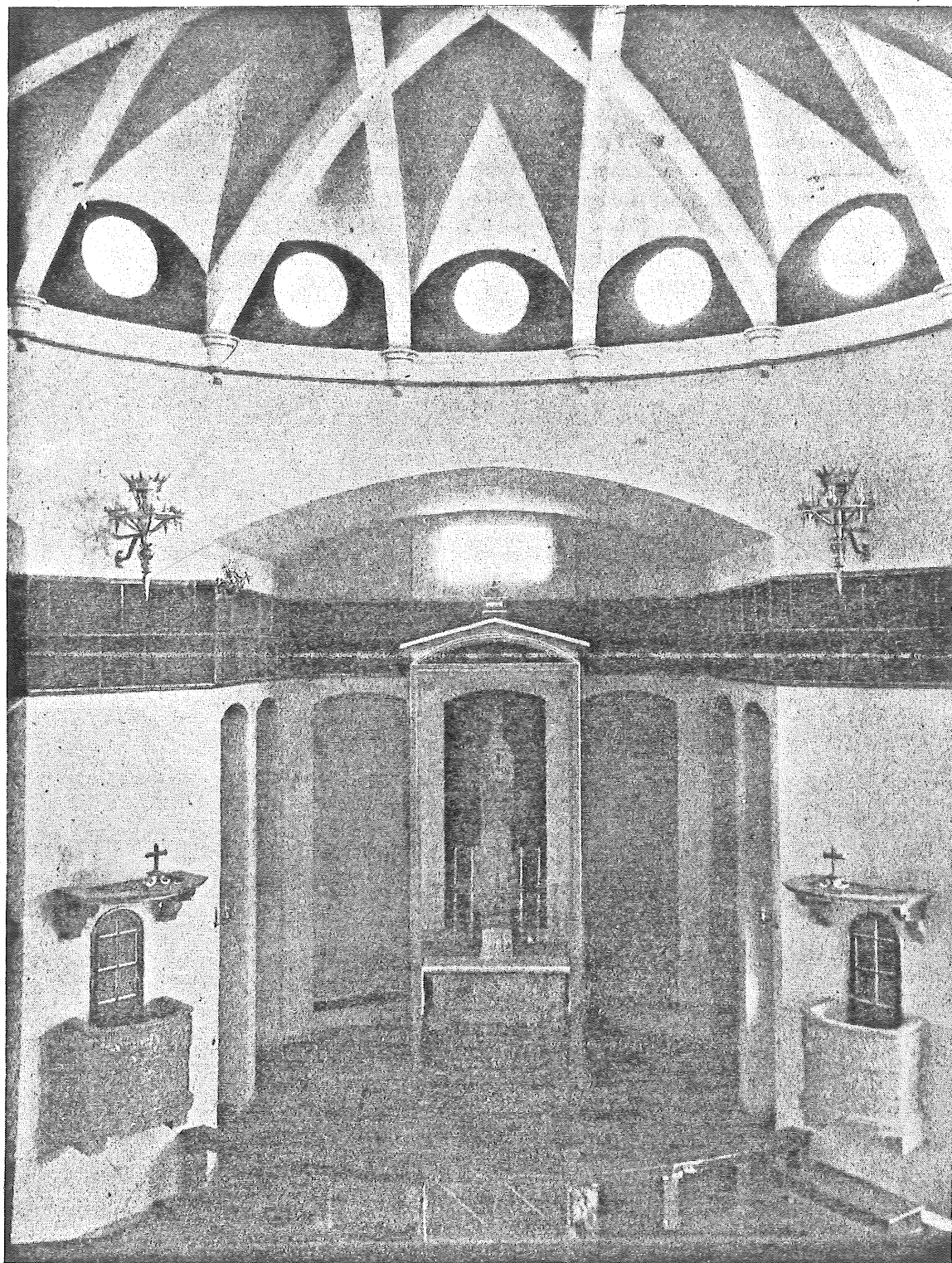


FIG. 84.—Interior de la capilla, con el altar mayor.



bre los cuatro machones, que por este motivo se refuerzan en su parte alta con trozos de viguetas puestos verticalmente. Todo ello se une con la cadena B, de la que cuelgan pendolones para sostener el cruce de los tirantes. La cadena B recibe y absorbe el empuje de los ocho arcos de la cúpula. El atirantado no tiene estabilidad propia por existir trozos curvos de tirantes, de manera que éstos necesitan del tambor, al cual comprimen para no deformarse. El atirantado queda invisible y empotrado en la fábrica; pero, debido a lo antes expuesto, ha sido preciso conservar las cimbras de las cabezas de las bóvedas de los cuatro brazos hasta que la fábrica ha alcanzado en todo su contorno el anillo B, para que el sistema trabaje tal como ha sido previsto, y, por tanto, se han hecho verdaderas cimbras para esas cuatro cabezas de bóvedas.

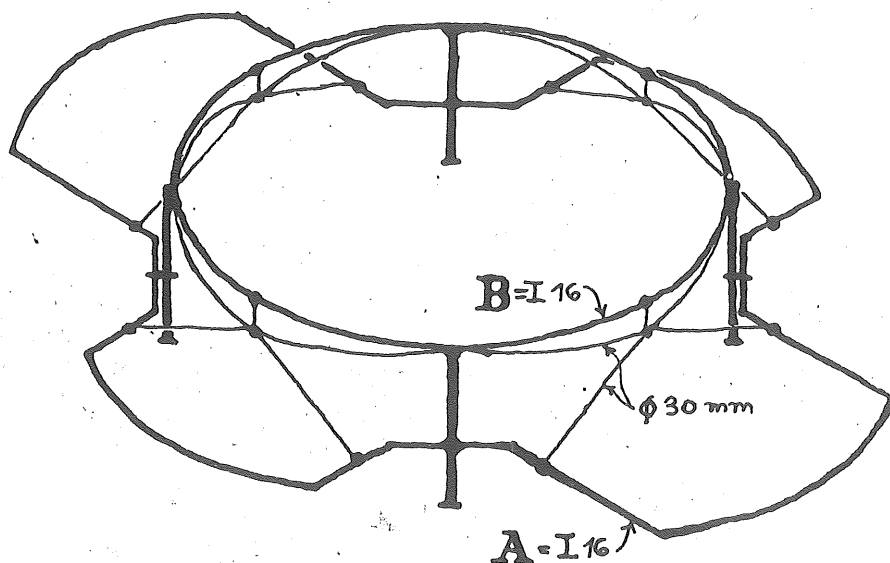


FIG. 85

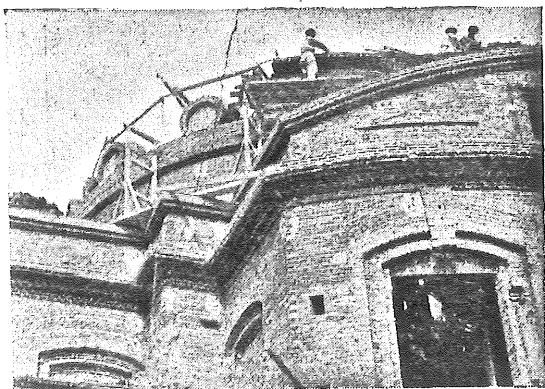


FIG. 86

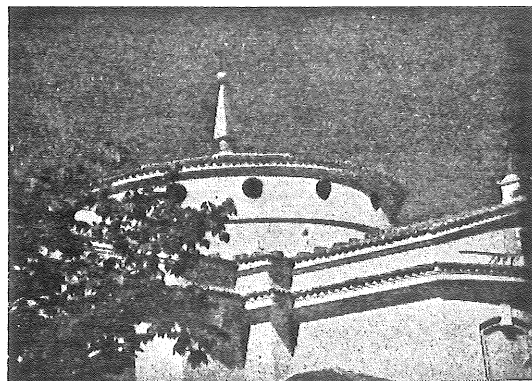


FIG. 87

Figs. 86 y 87.—Tambor de la cúpula en construcción y terminado.

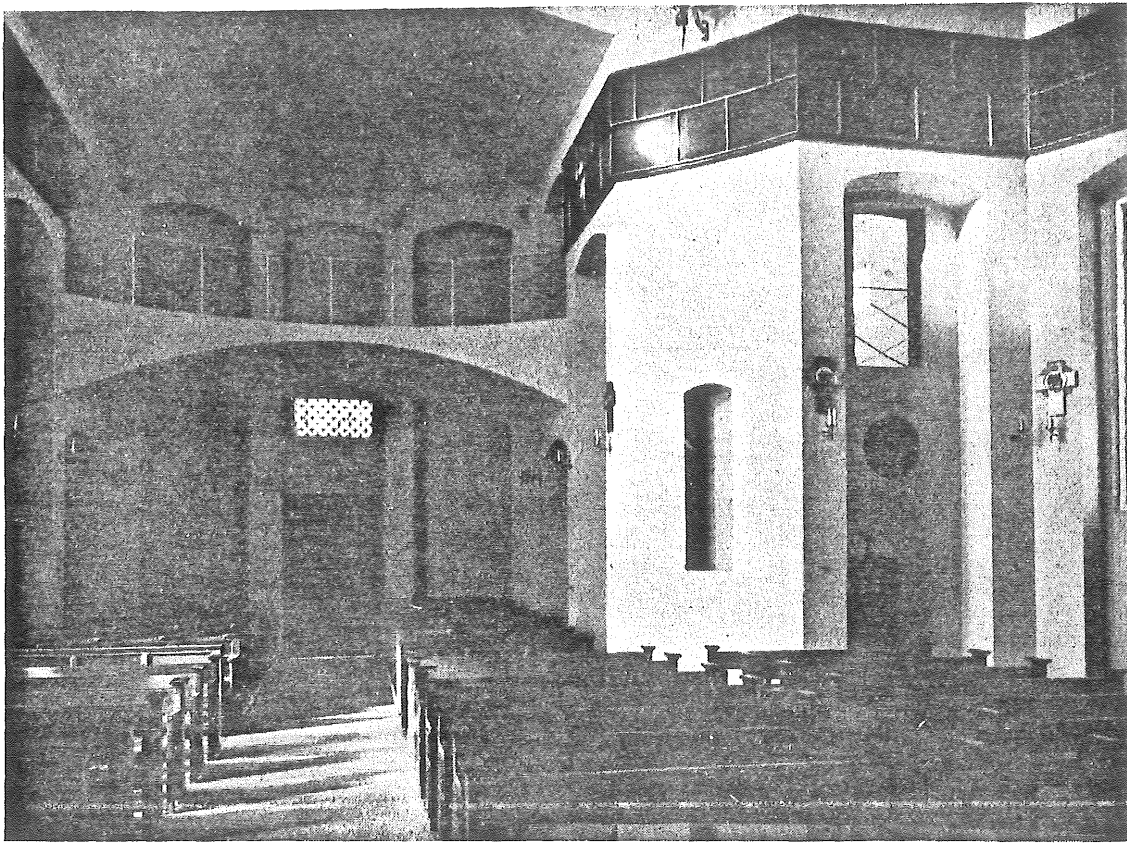


FIG. 88.—Interior de la capilla, con el coro al fondo.

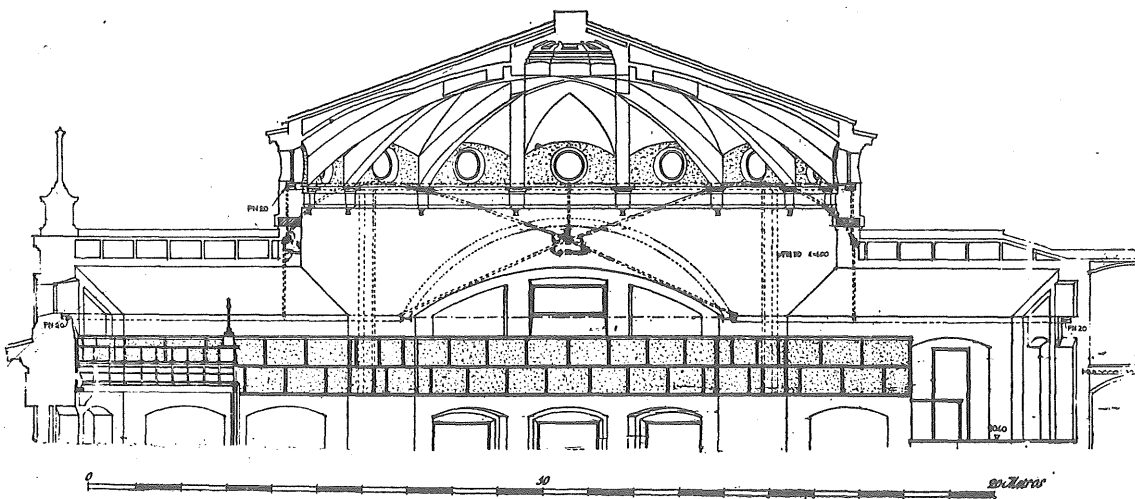


FIG. 89.—Sección de la cúpula de la capilla.

Las escaleras son parecidas en su construcción a las del Hospital de la Mutual del Clero, pero con problemas y soluciones diferentes (figs. 90 y 91. Los chapiteles de las torres consisten en bóvedas triples de rincón de claustro, sobre las que apoyan, mediante tabiquillos, tableros dobles para apoyo de la pizarra. El vestíbulo de la capilla (figs. 94 a 98) tiene una bóveda de lunetos con costillas de refuerzo empleadas como motivo de adorno.

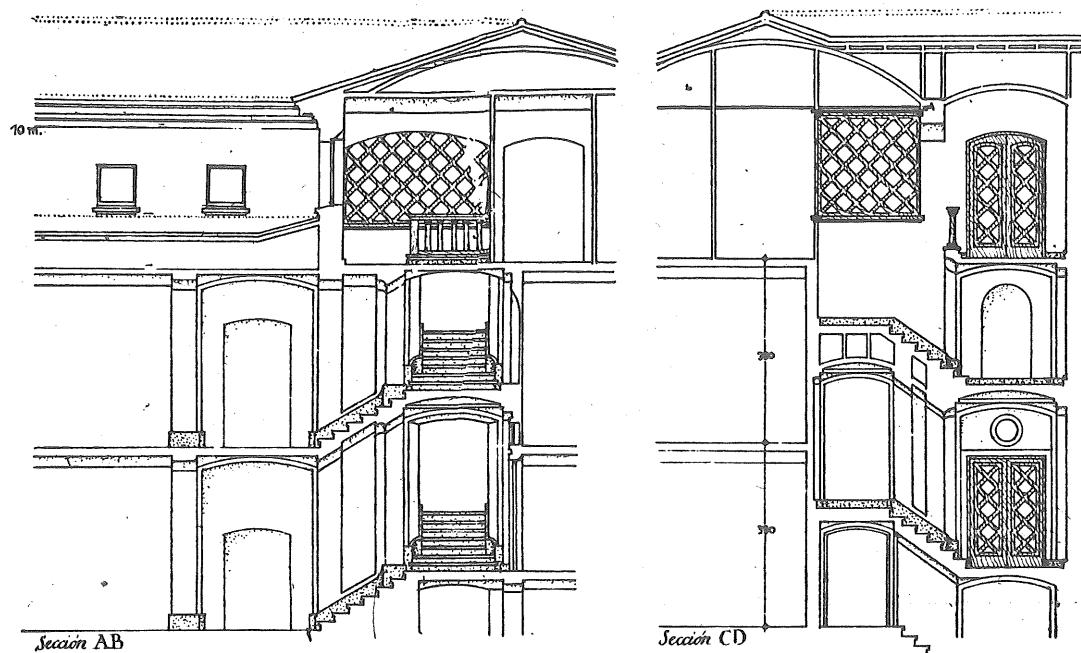


FIG. 90.

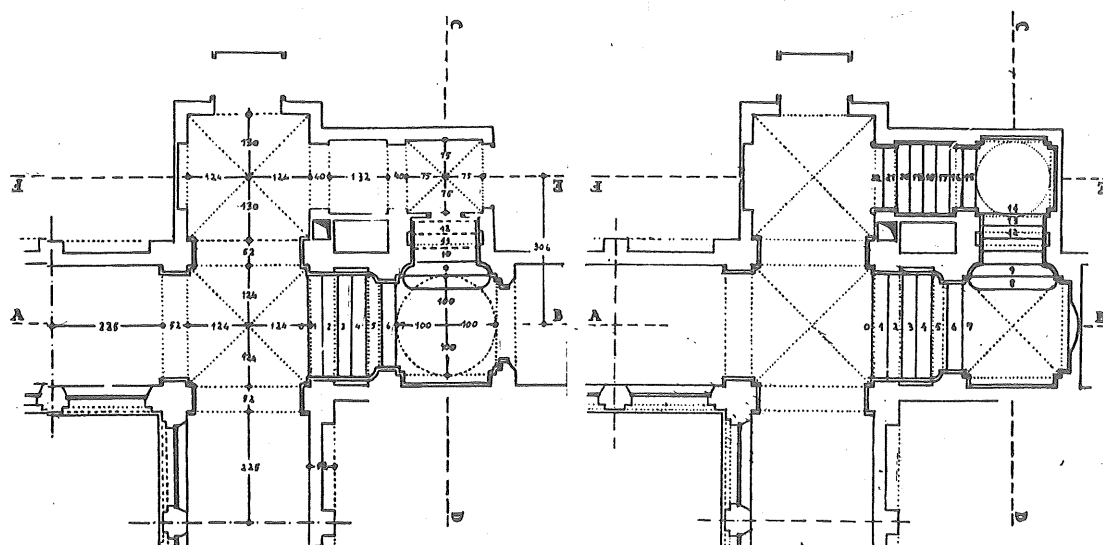


FIG. 91.—Plantas y secciones de las escaleras.

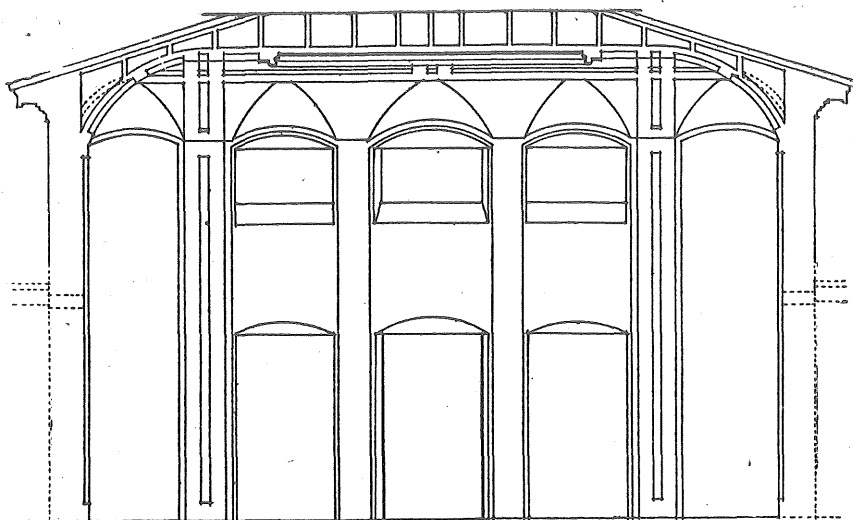


FIG. 92.

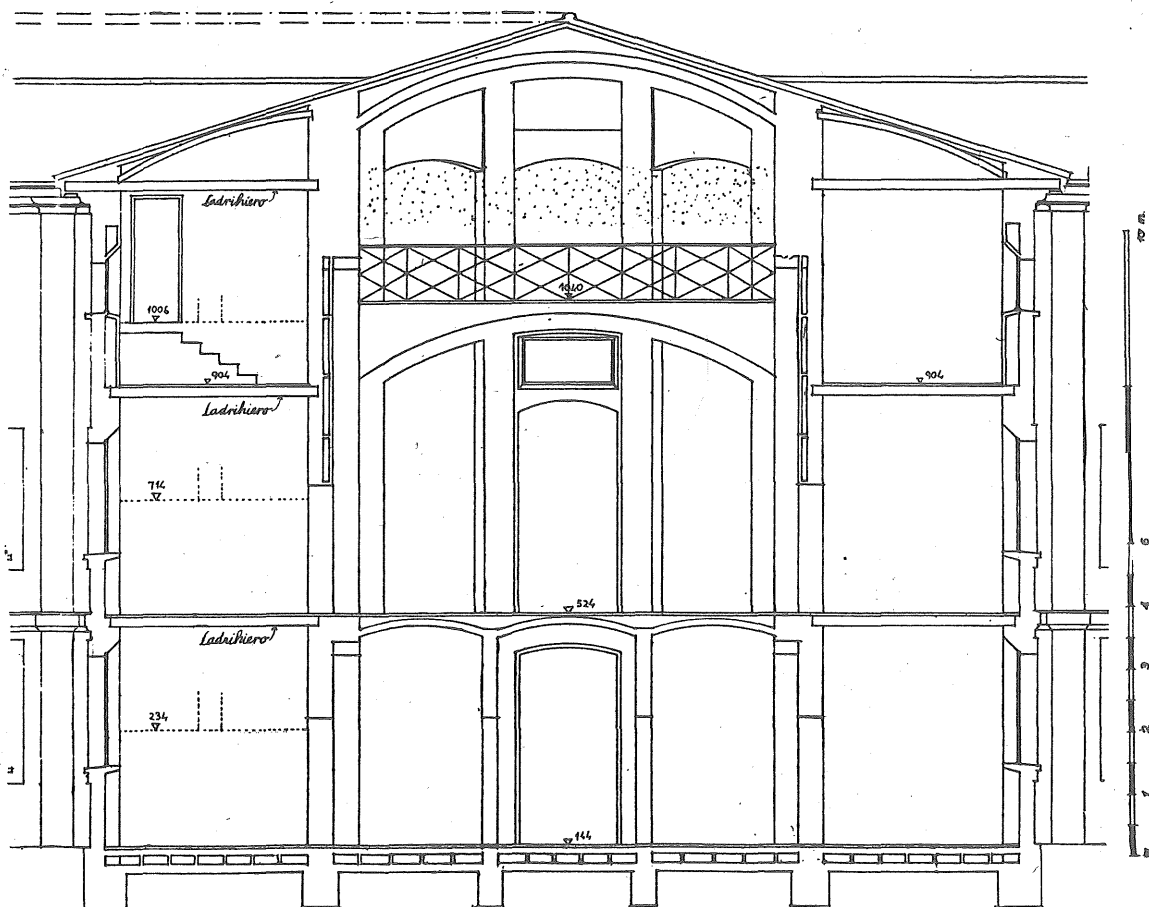


FIG. 93

FIGS. 92 a 96.—*Vestíbulo de ingreso a la capilla.*

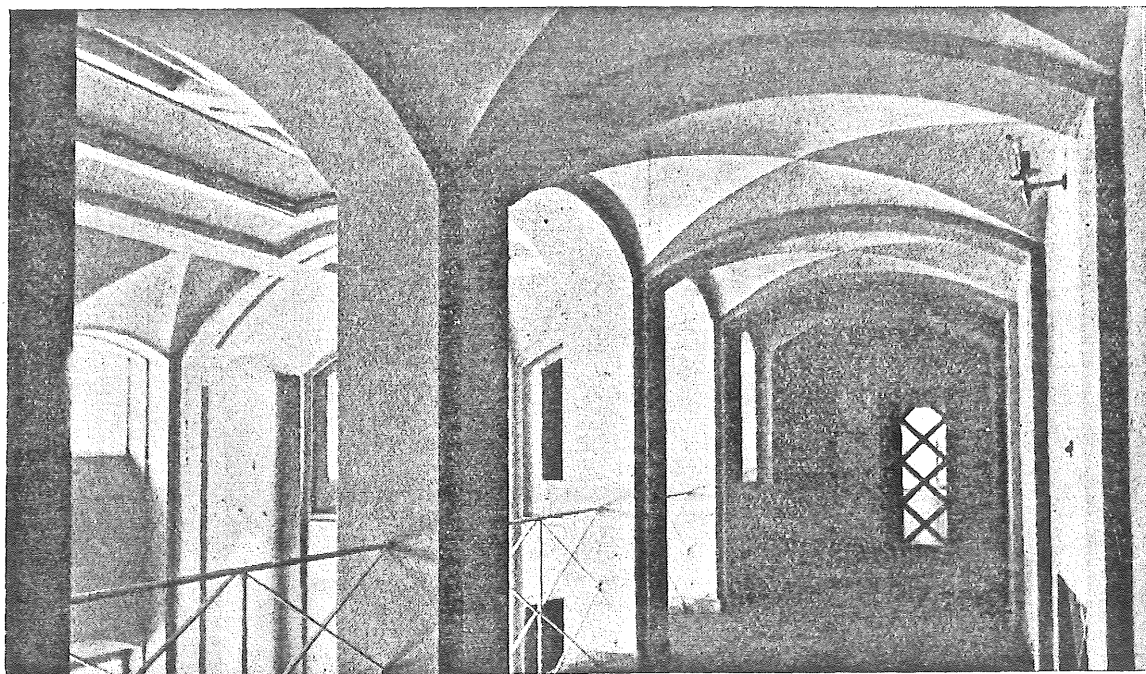


FIG. 94

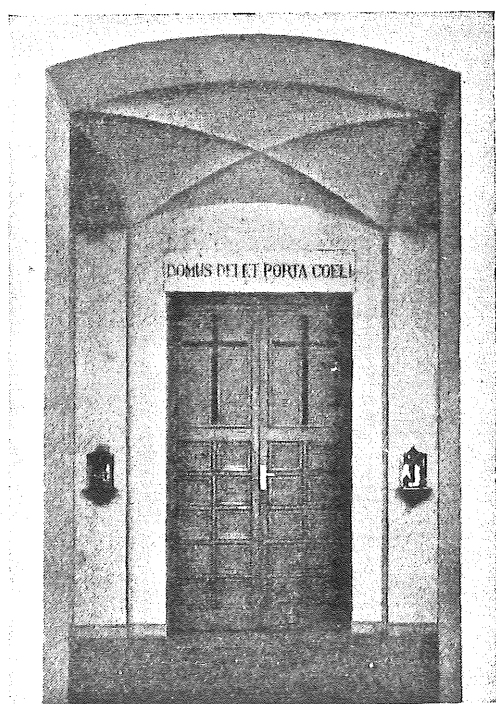


FIG. 95.

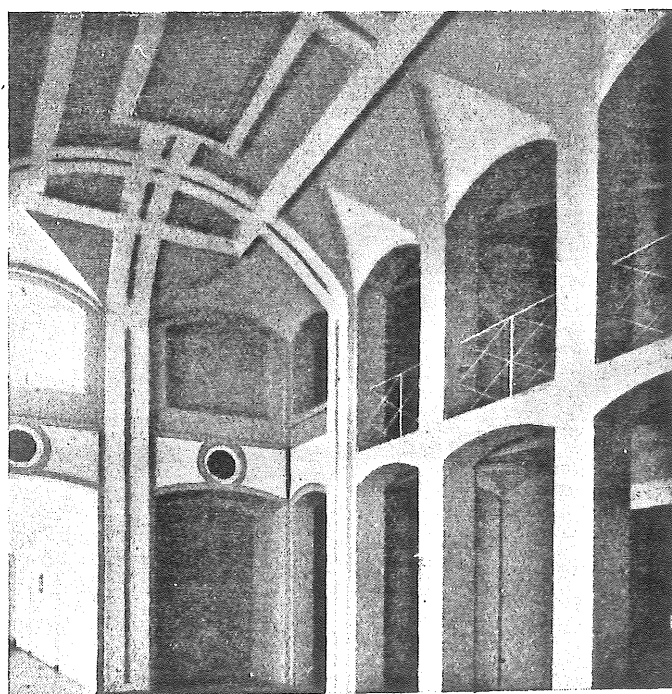


FIG. 96.



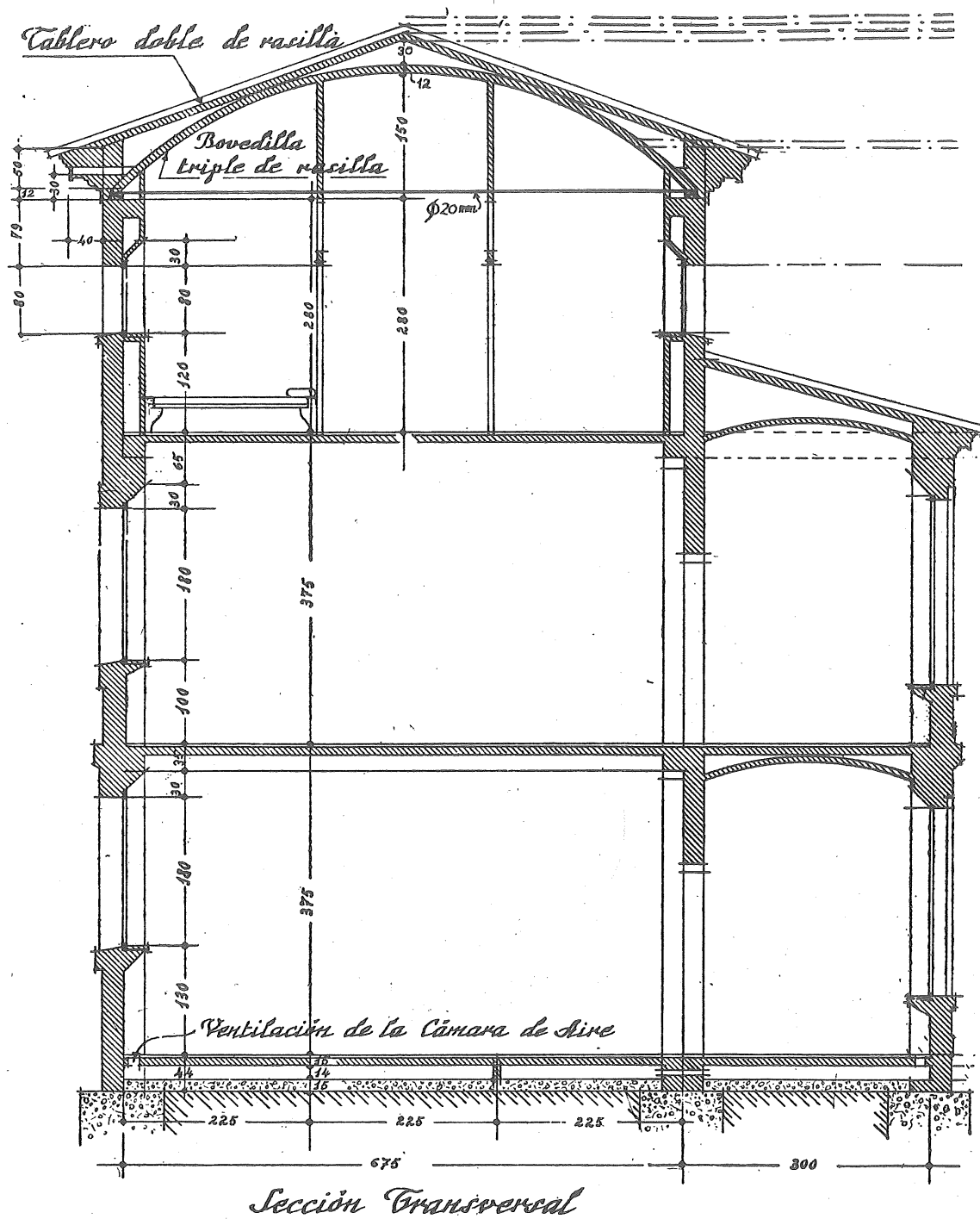


FIG. 97.—Sección de las naves generales del edificio.

## MUSEO DE AMERICA, EN MADRID

En construcción desde 1944. Arquitectos: Luis Feduchi y Luis Moya. Aparejadores: Casas y Torija. Figuras 10, 11, 17, 20, 21 y 98 a 104.

El proyecto se publicó en la *Revista Nacional de Arquitectura*, núm. 24, di-

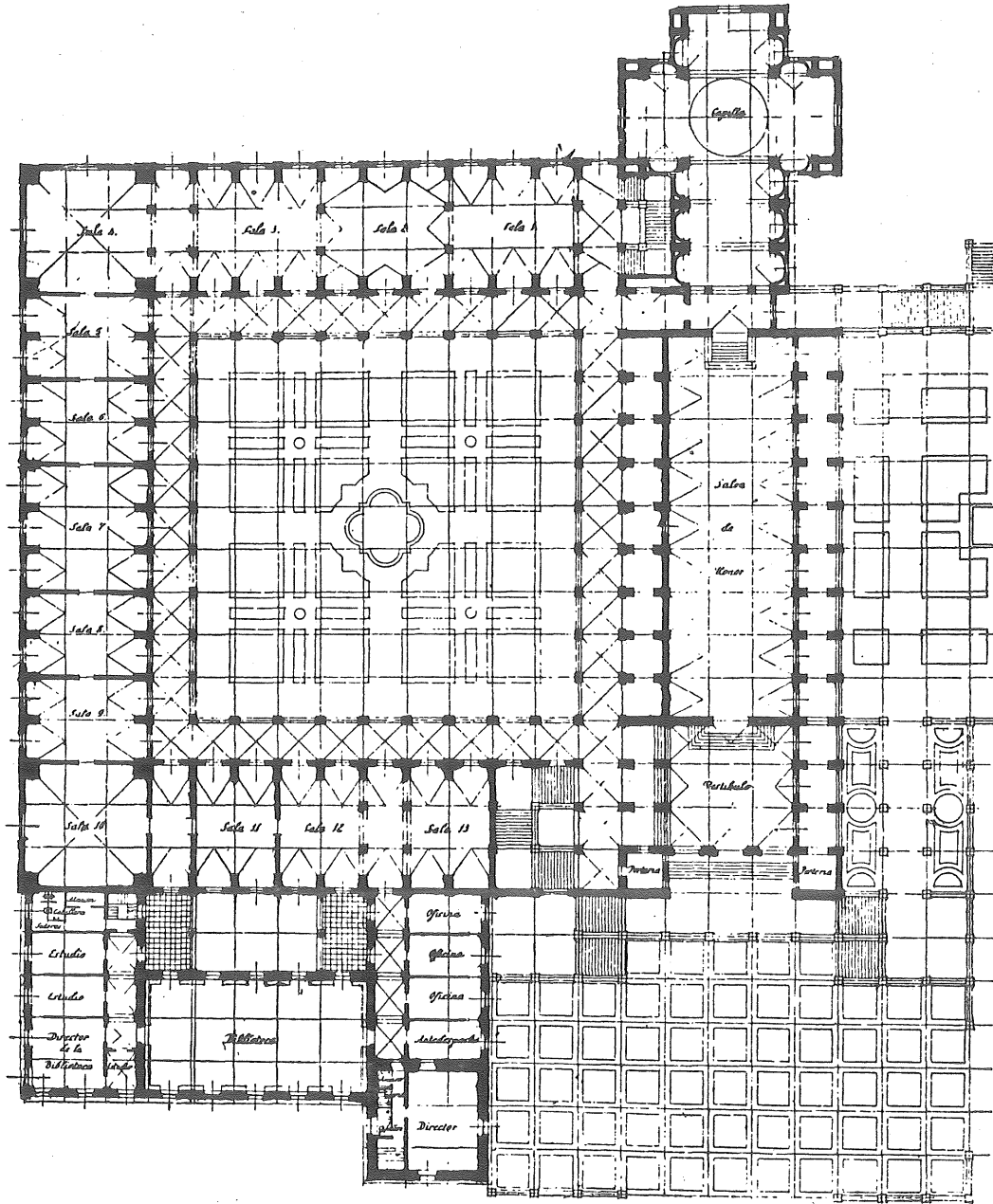


FIG. 98.—Planta baja.

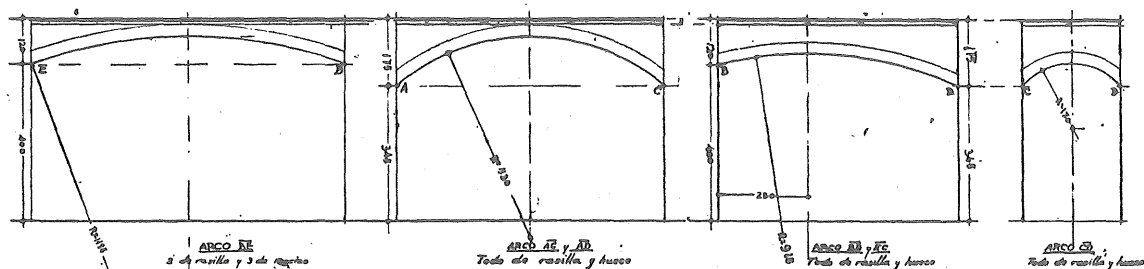


FIG. 99

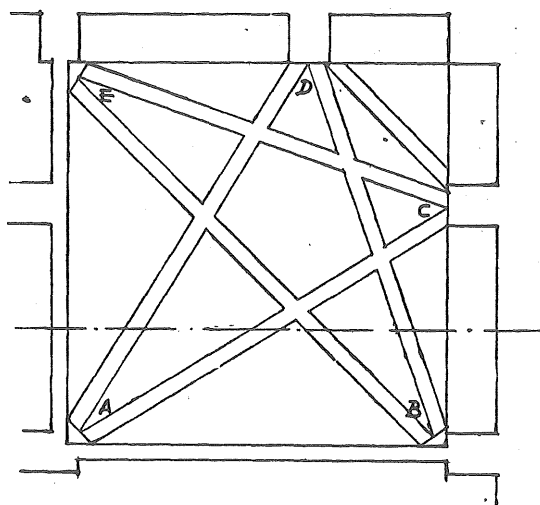


FIG. 100.—Escala 1/124.

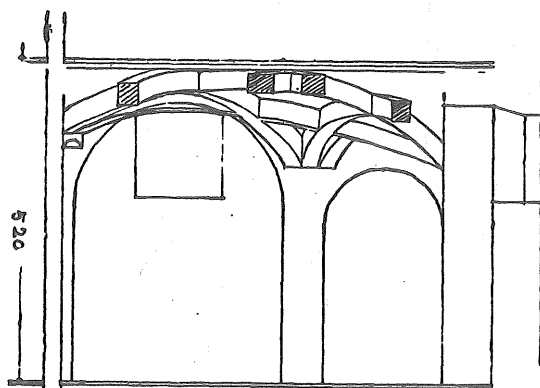


FIG. 101.—Escala 1/124.

FIGS. 99, 100 y 101.—Bóveda de arcos cruzados de 8,90 m. de luz. Planta y secciones.

ciembre de 1943. En la parte construída hay varios tipos de bóvedas, algunas de las cuales se han dejado con la rasilla a la vista. El atirantado está oculto en todo el edificio.

Se han hecho bóvedas cilíndricas rebajadas sencillas (fig. 82) y otras con lunetos (figs. 8, 83 a 87), bóvedas por arista corrientes (fig. 88) y peraltadas, bóvedas con arcos cruzados de varios tipos (figs. 99 a 95), vaídas y en rampa (fig. 96).

En bóvedas de arcos cruzados, de 8,90 metros de luz en la caja cuadrada que la soporta (figs. 89, 90 y 91), se han hecho los arcos resistentes con sólo media asta de anchura. Los diferentes sistemas de atirantado y contrarresto han quedado explicados a lo largo de este trabajo. La cantidad de hierro empleado es, por término medio, el 5 por 100 de lo que correspondería a estructuras corrientes de hierro o de hormigón armado que sustituyesen a cada tipo de bóveda empleado, con las mismas luces y cargas. La albañilería no aumenta mucho en relación a la construcción corriente, pues los muros son de dos pies en fachadas y un pie en interiores, y los contrafuertes interiores tienen 2 y medio pies de grueso.

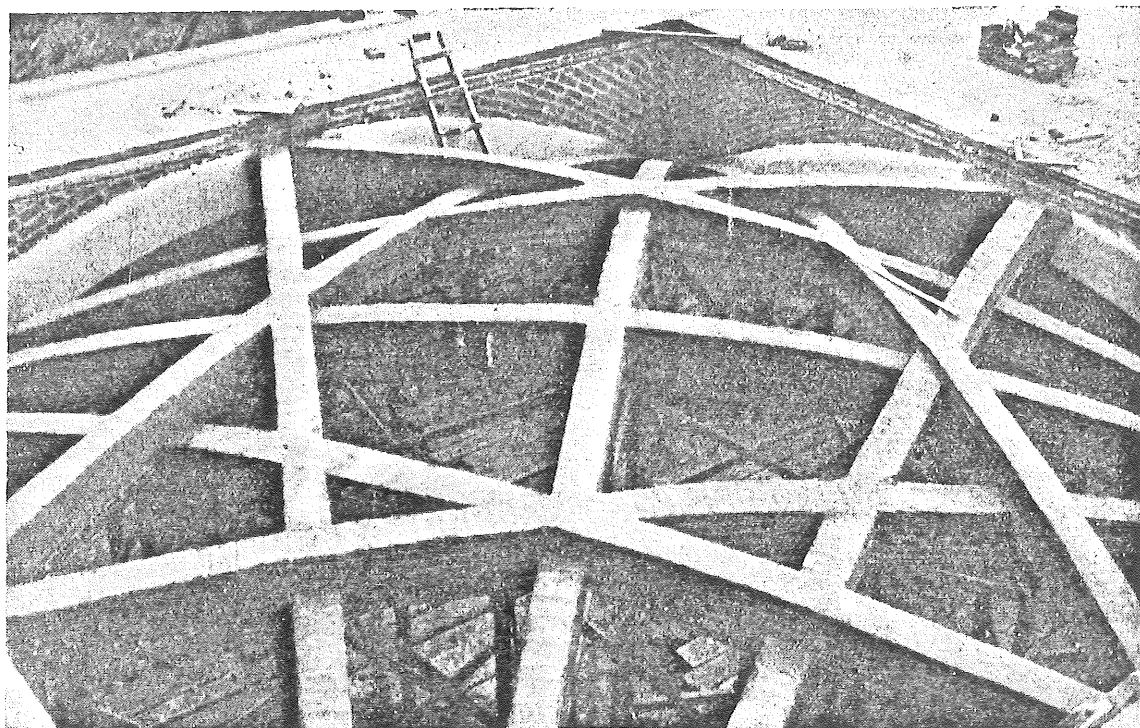


FIG. 102

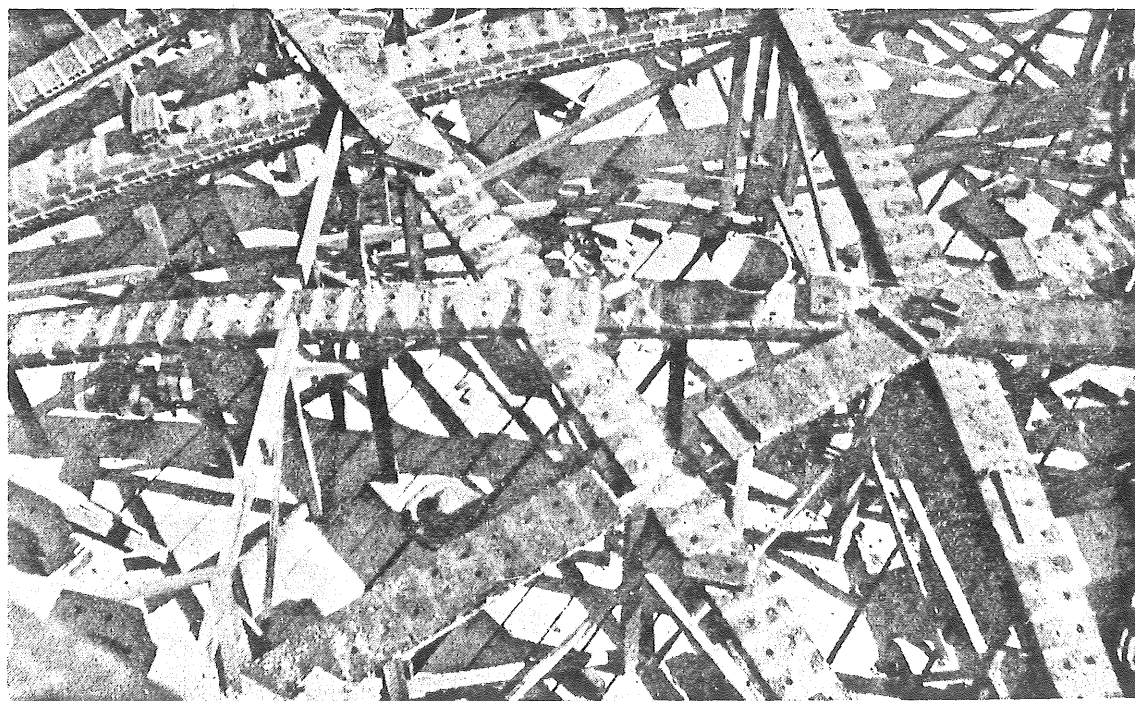


FIG. 103.—*Construcción de arcos cruzados en bóvedas cuadradas.*

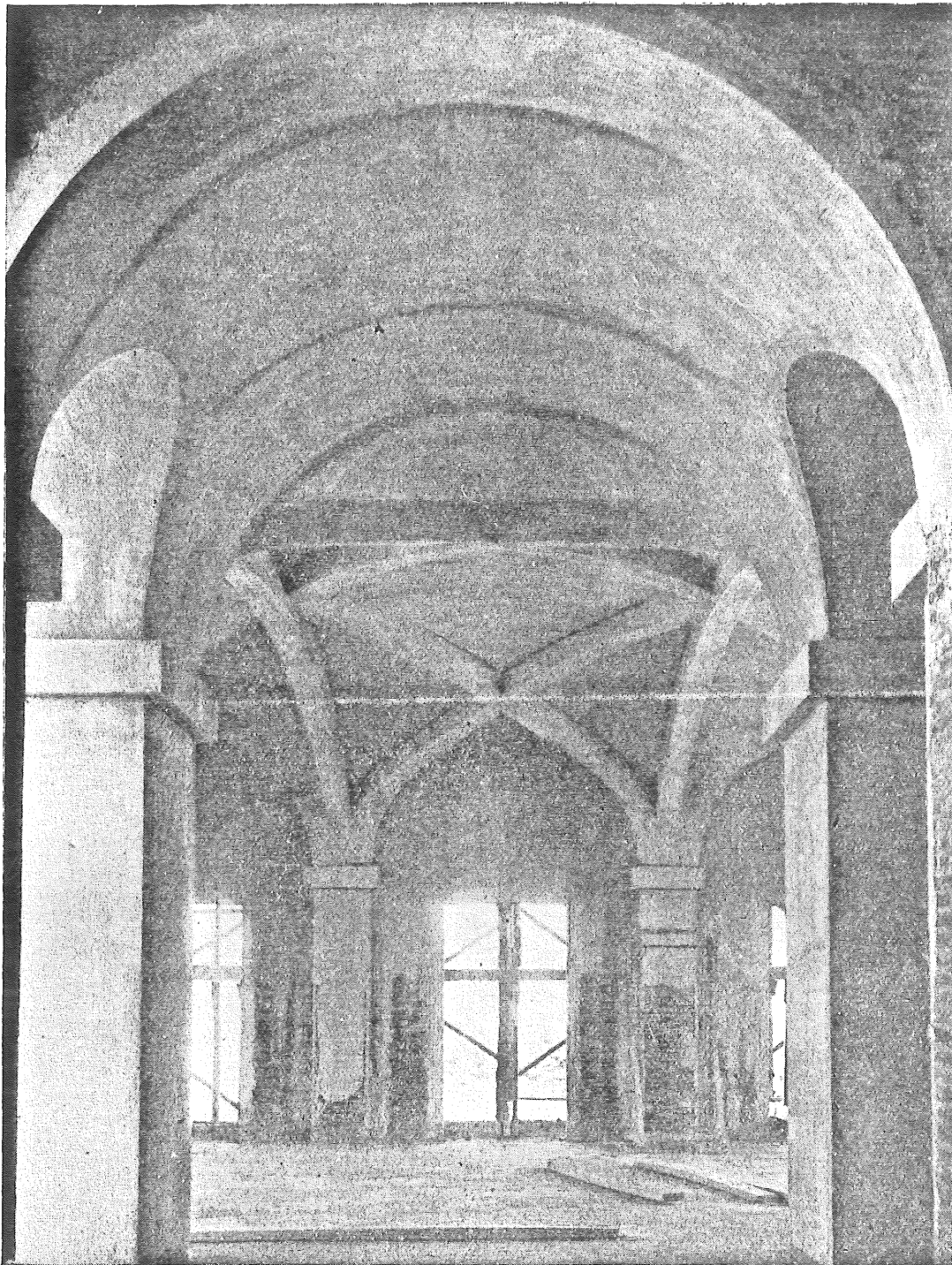


FIG. 104



## IGLESIA PARROQUIAL DE SAN AGUSTIN (MADRID)

Arquitecto: Luis Moya. Aparejador: Manuel Casas.

La escasez de terreno ha obligado a colocar el salón de actos debajo de la iglesia. En la actualidad está terminada la obra de fábrica de este salón y de las galerías que lo rodean, así como los anejos que lleva esta planta. El arco de planta curva que divide el salón en dos partes sostiene la cabina de proyección, y está construido con una vuelta de rasilla con yeso y tres con cemento, intercalando entre dos de éstas hierros redondos para resistir el esfuerzo de torsión que se produce por la planta curva del mismo. La elipse principal lleva un zuncho formado por un redondo de 40 mm., y el muro curvo interior a esta elipse lleva también otro zuncho, que sirve para recoger los empujes de los grandes arcos del salón y transmitirlos, mediante piezas de hormigón armado dispuestas sobre los arcos fajones de las galerías, al zuncho principal. Otras barras aseguran un enlace intermedio entre las dos mitades del zuncho interior, pasando sobre el arco de la cabina de proyección. Todas las barras quedan envueltas en hormigón. La construcción de los arcos de ladrillo se aprecia en las fotografías que se acompañan, y su perfil es de arcos de circunferencia. El gran número de arcos cruzados y su robustez se deben a la carga del piso de la iglesia que han de soportar. Las cuatro capillas de planta circular están cubiertas por simples casquetes esféricos de tres vueltas de rasilla, con tabiquillos y tablero para formar el piso de las capillas de la planta superior.

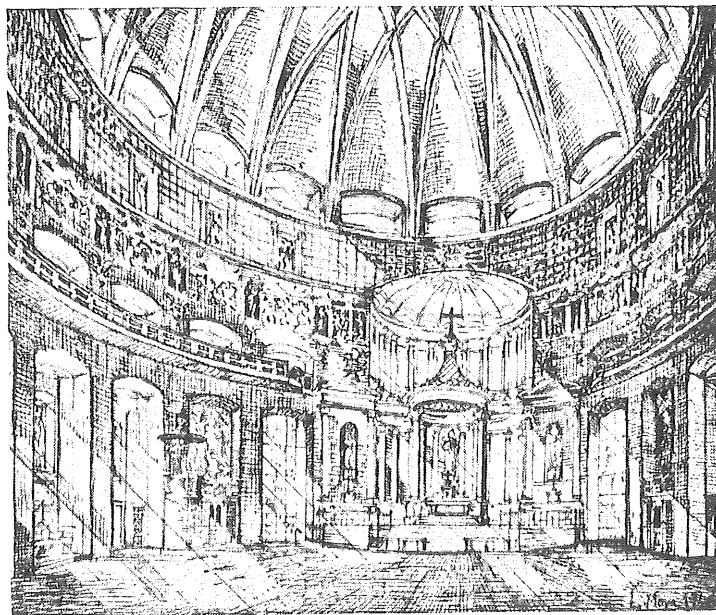


FIG. 105.—*Perspectiva del interior*

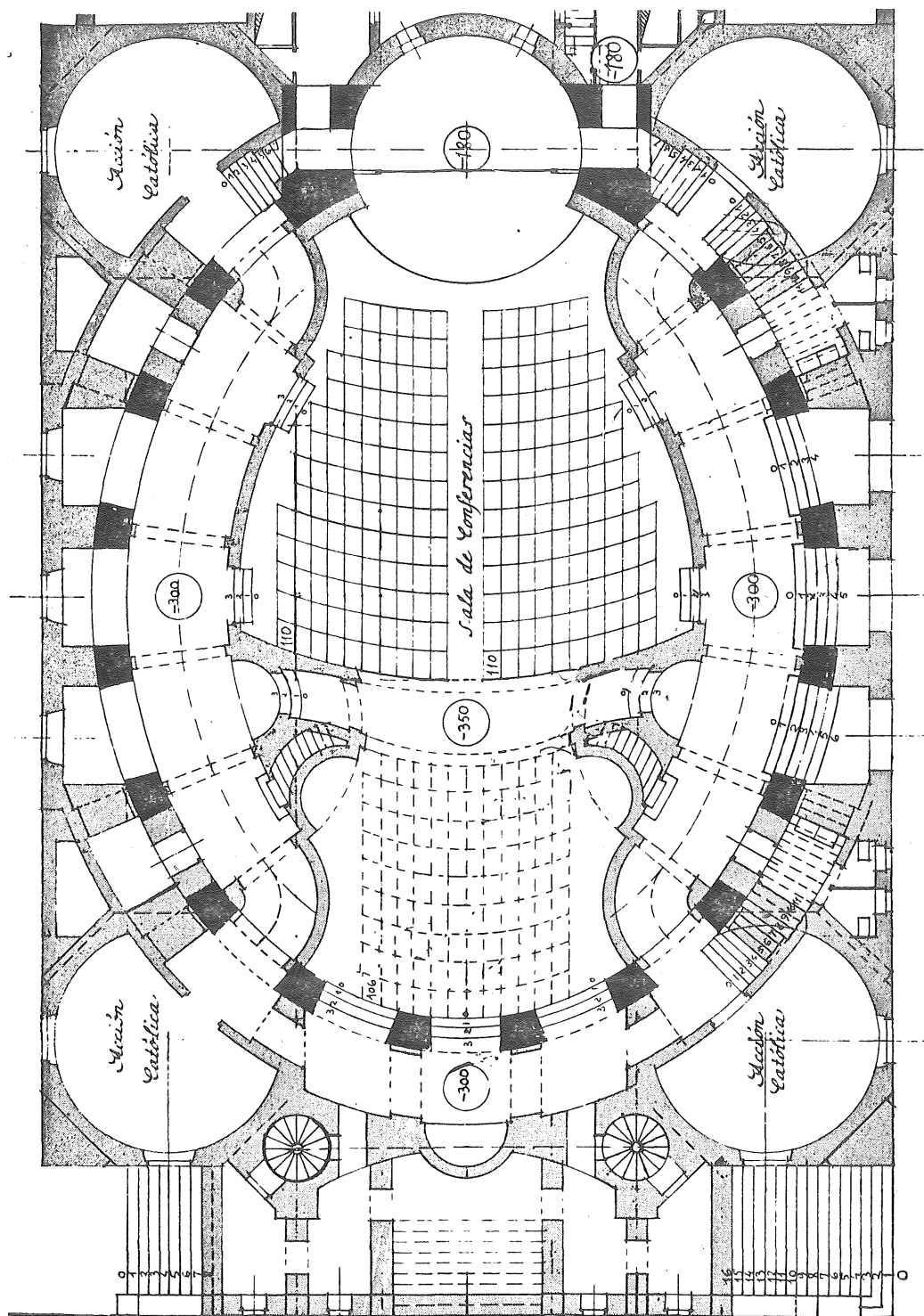


FIG. 106.—Iglesia parroquial de San Agustín (Madrid): *Planta inferior. Escala 1/192.*

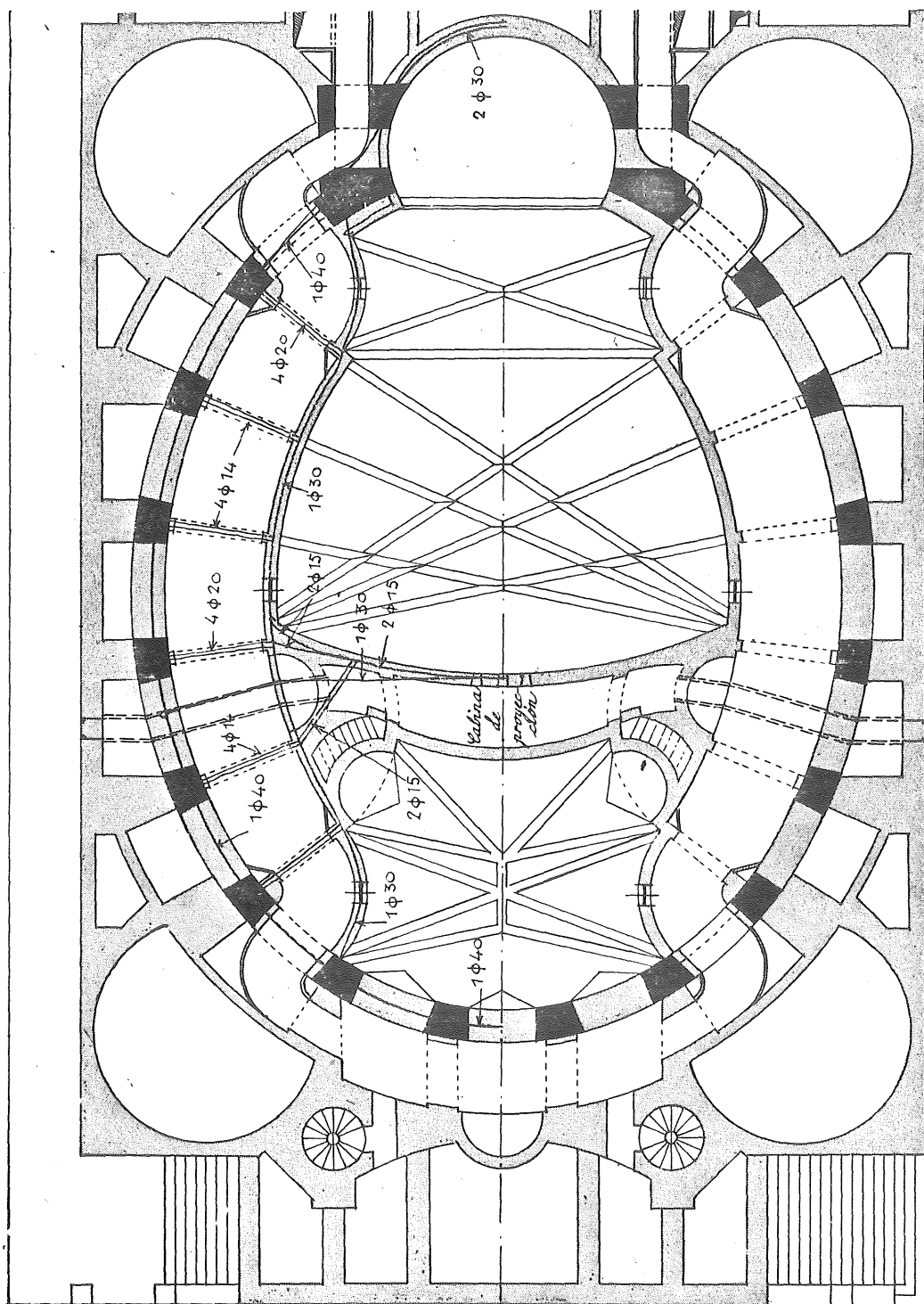


FIG. 107.—Bóvedas de la planta inferior. Escala 1/192.

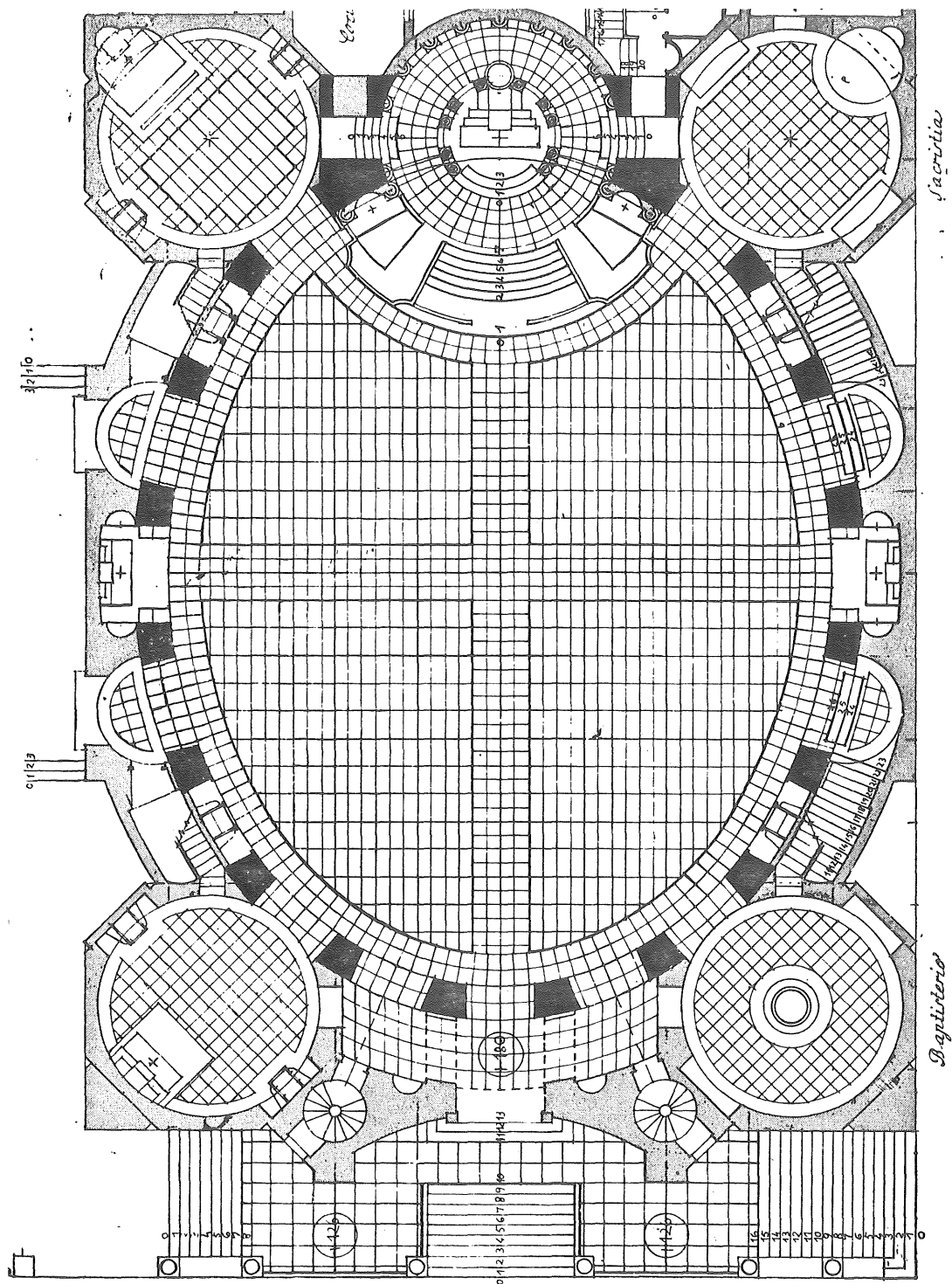


FIG. 108.—*Planta superior. Escala 1/192.*

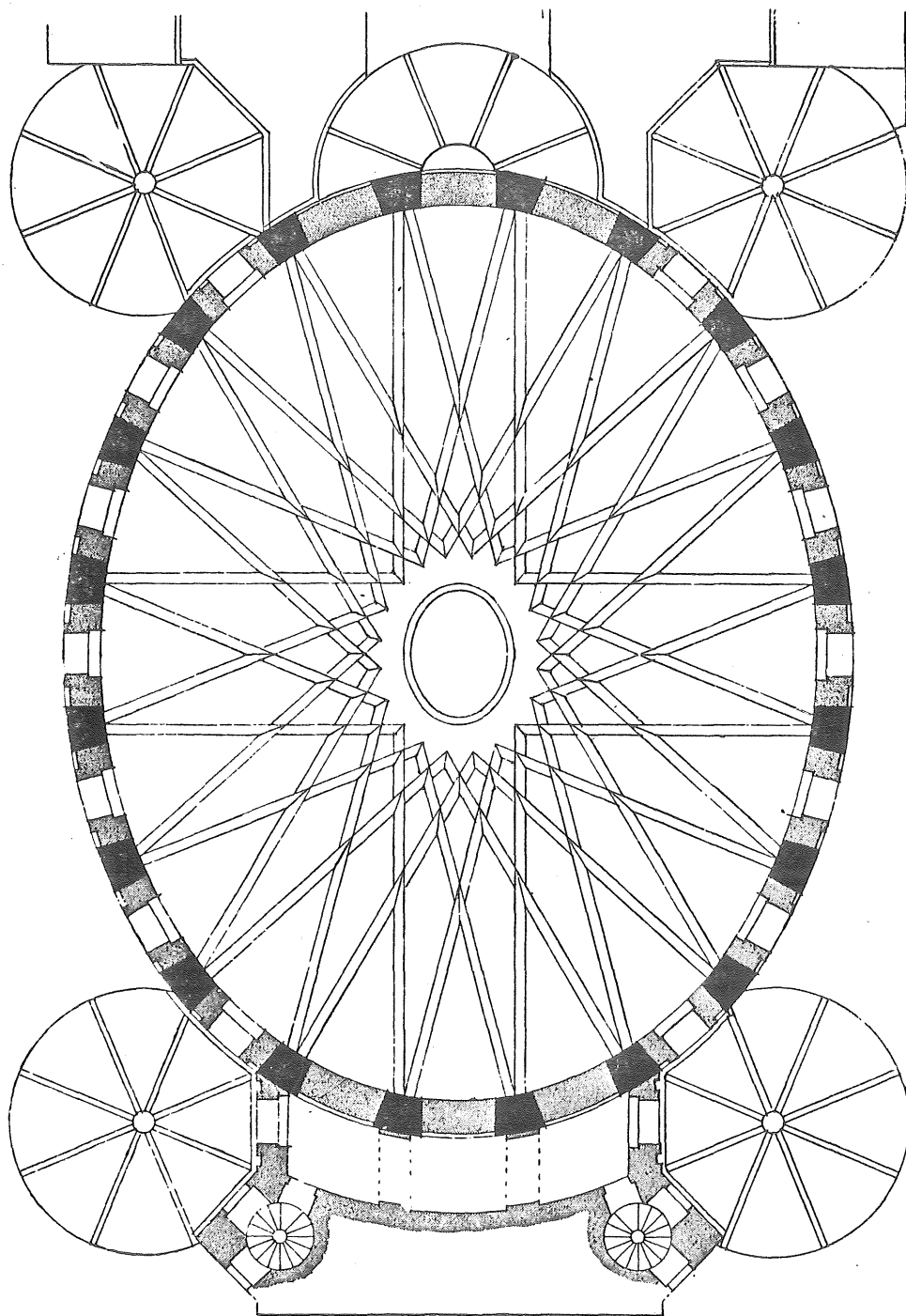


FIG. 109.—Cúpula. Escala 1/192.



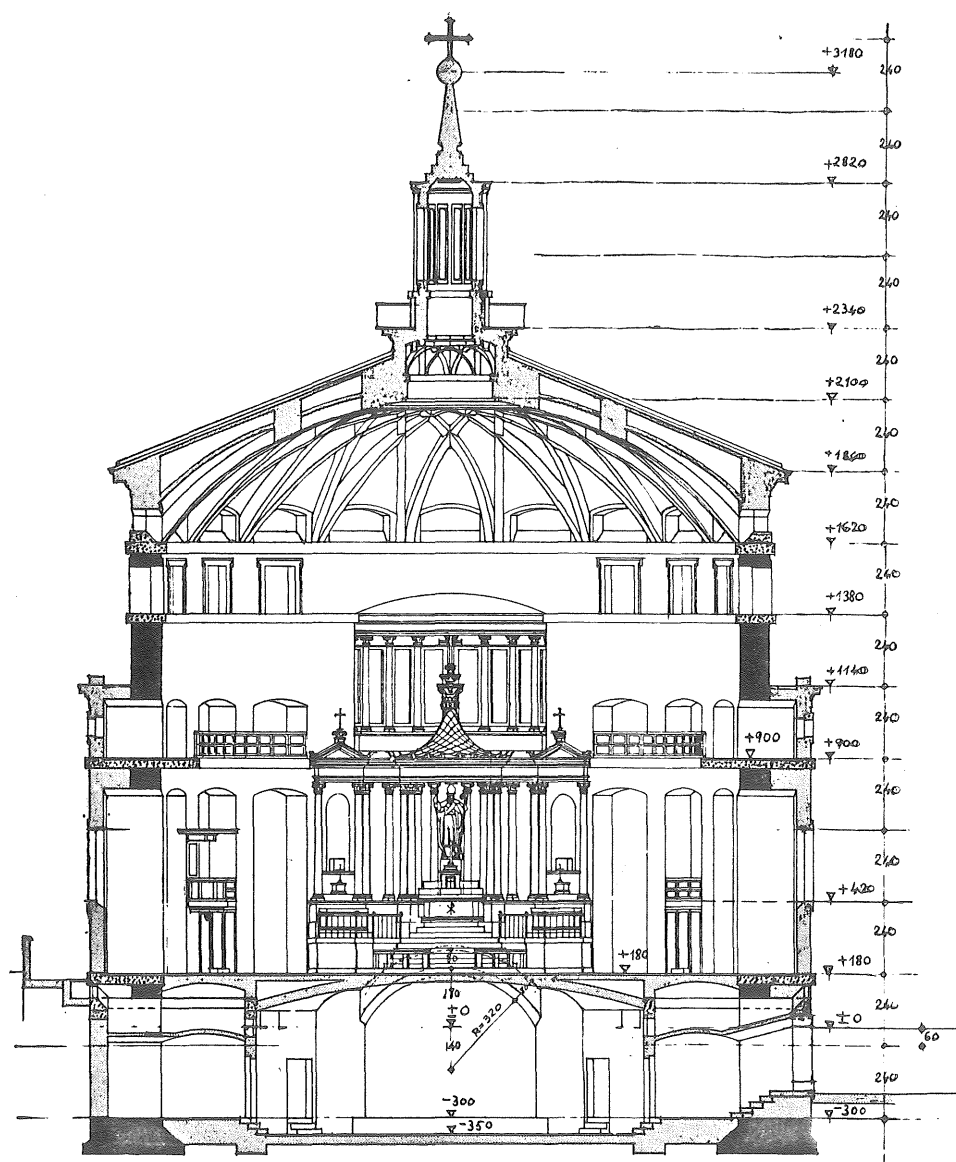


FIG. 110.—Sección transversal, Escala 1/252.

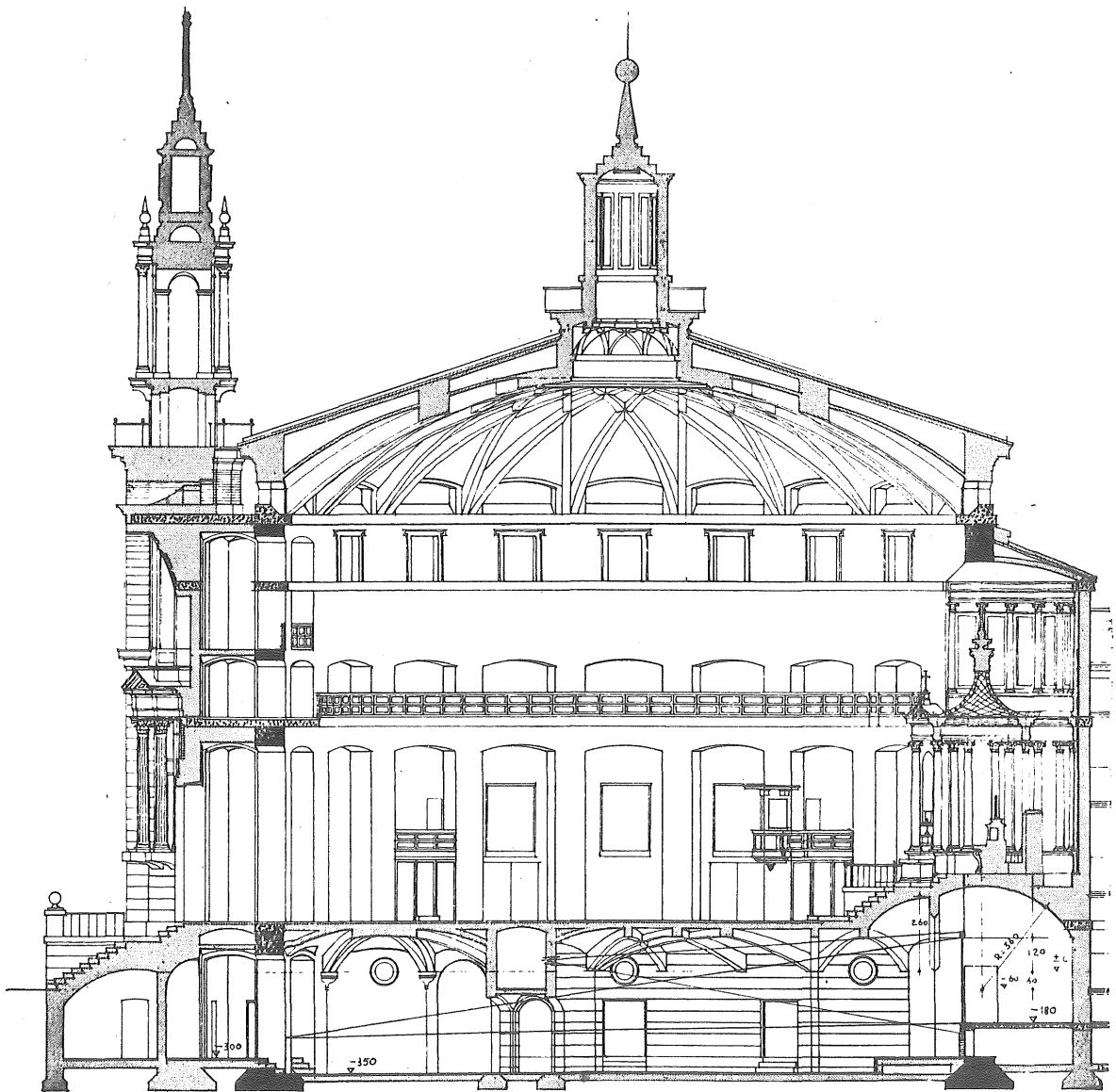


FIG. 111.—*Sección longitudinal. Escala 1/252.*

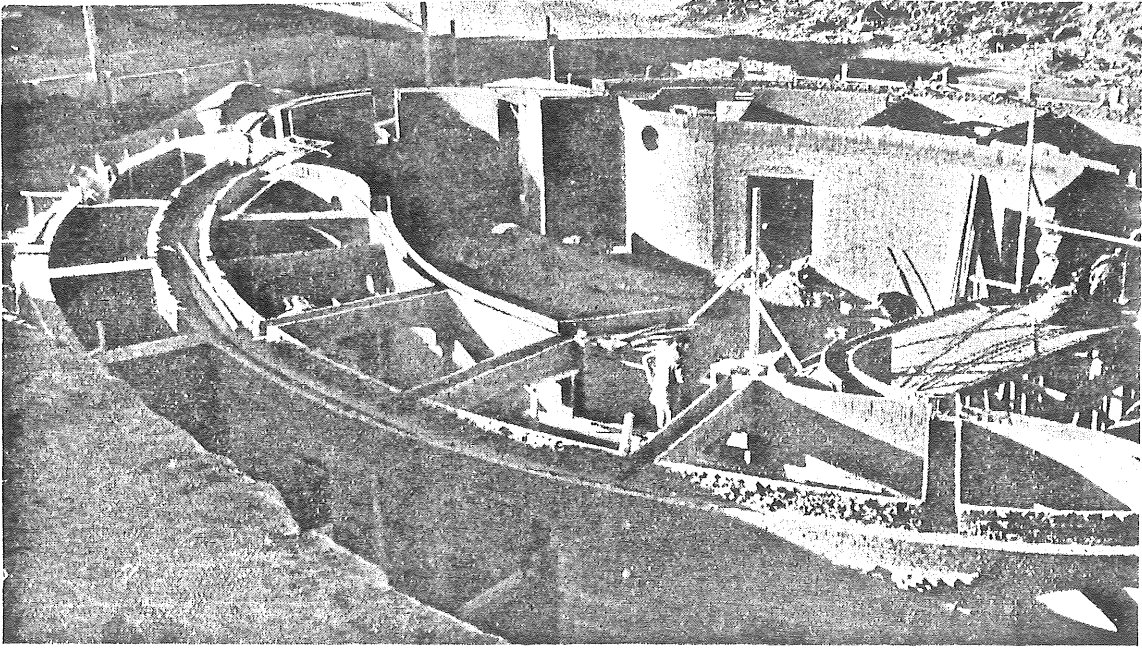


FIG. 112.

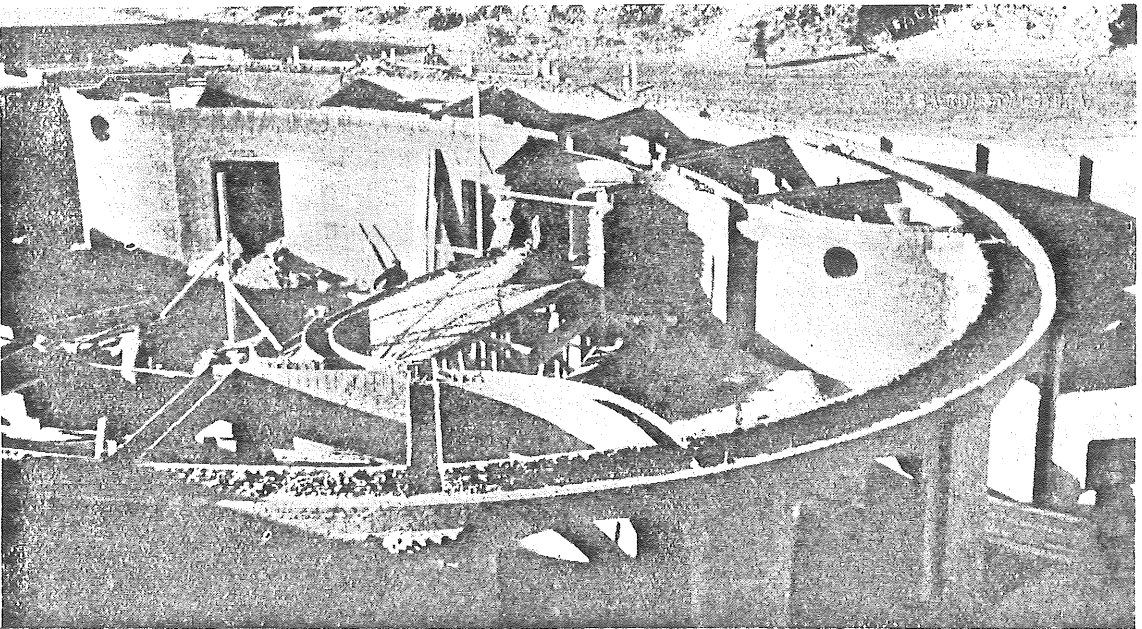


FIG. 113

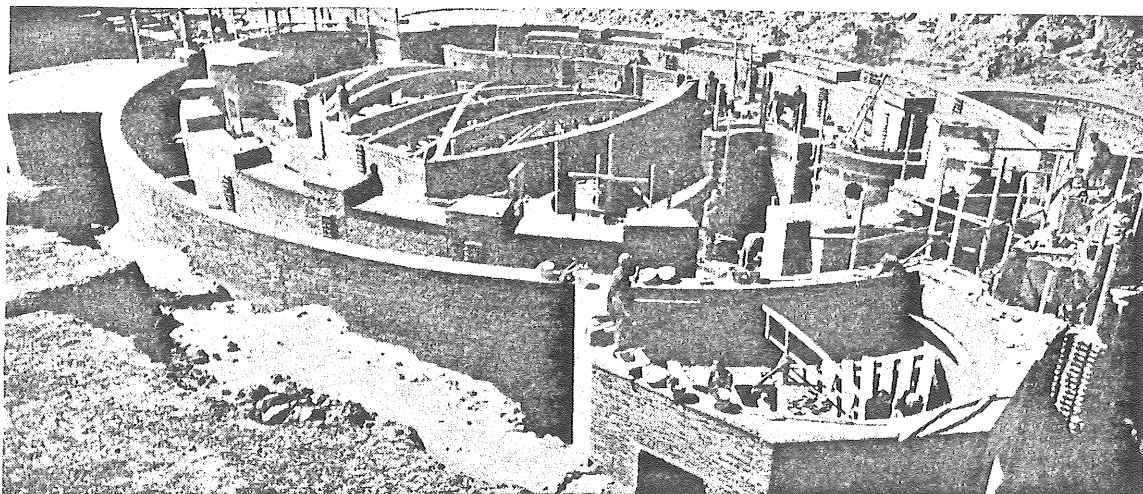


FIG. 114

FIGS. 112, 113 y 114.—1 febrero 1947.—La coronación de los muros y de los arcos fajones de las galerías preparadas para recibir el atirantado de hormigón armado. El encofrado se ha hecho de fábrica de ladrillo y de tabique. Está colocada la armadura del zuncho de la elipse principal, que es una barra de 40 mm. También está colocado el emparrillado que se intercala entre los tableros segundo y tercero de la bóveda que separa los dos salones que forman esta planta, cuya armadura es necesaria porque esta bóveda (de 6 m. de luz) tiene parte volada, como indica el plano, y ha de resistir esfuerzos de carácter distinto a los que hay en una bóveda corriente. Sobre esta bóveda apoyará la cabina de proyección

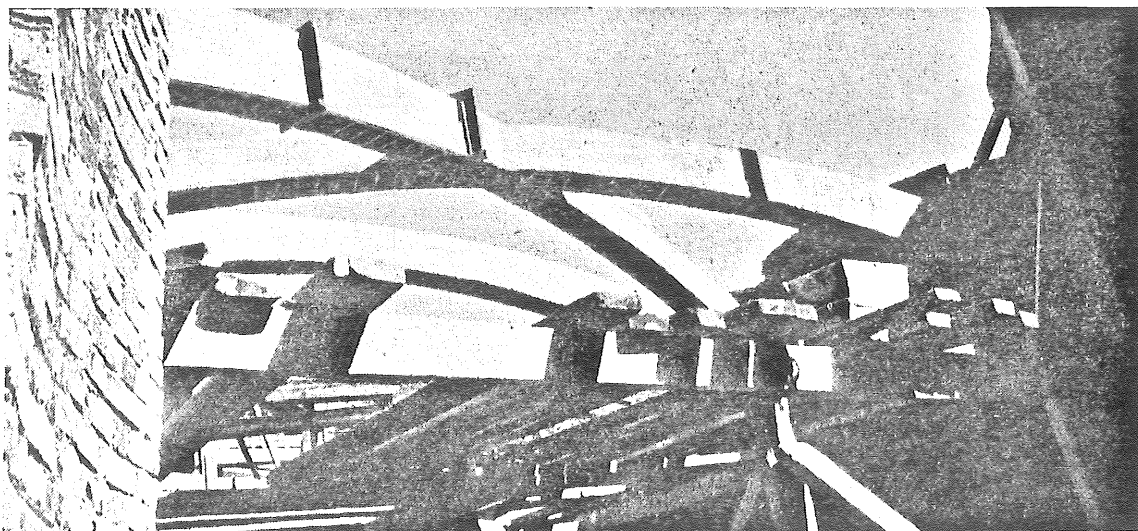


FIG. 115

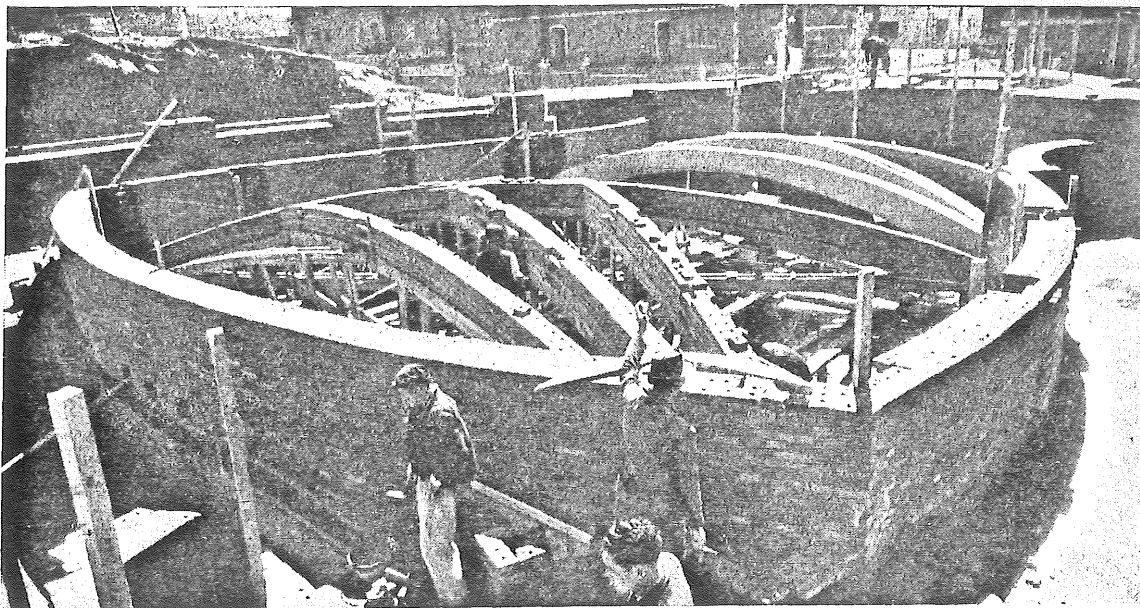


FIG. 116

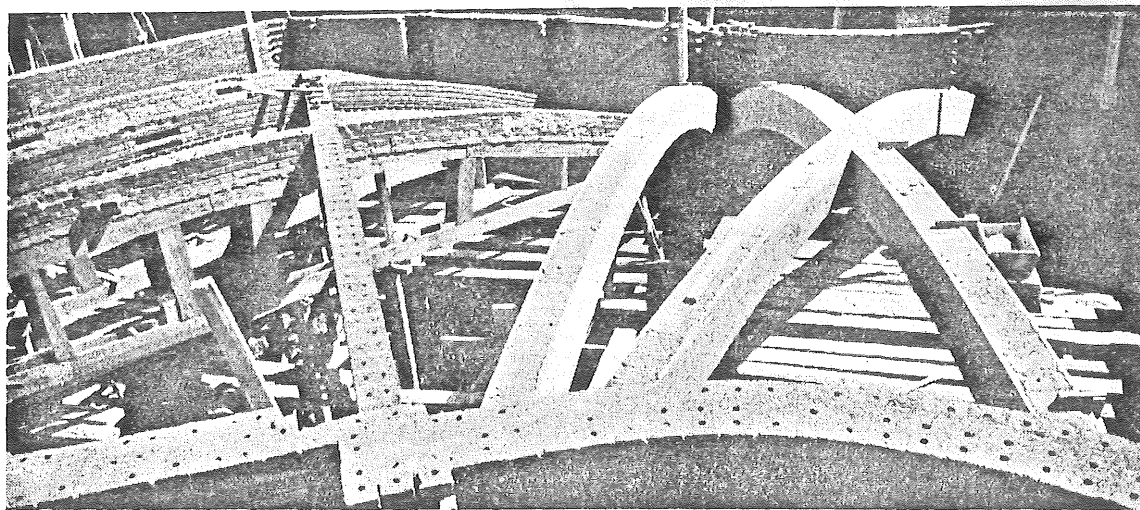


FIG. 117

FIGS. 115, 116 y 117.—5 abril 1947.—Arcos en construcción. Sobre cerchas ligeras se han construido las dos primeras vueltas con hueco y cuatro con macizo. Las caras verticales de estos arcos se guarnecen inmediatamente, porque sería muy costoso hacerlo después de colocada la plementería. La cimbra se quita a los tres o cuatro días de terminar cada arco.



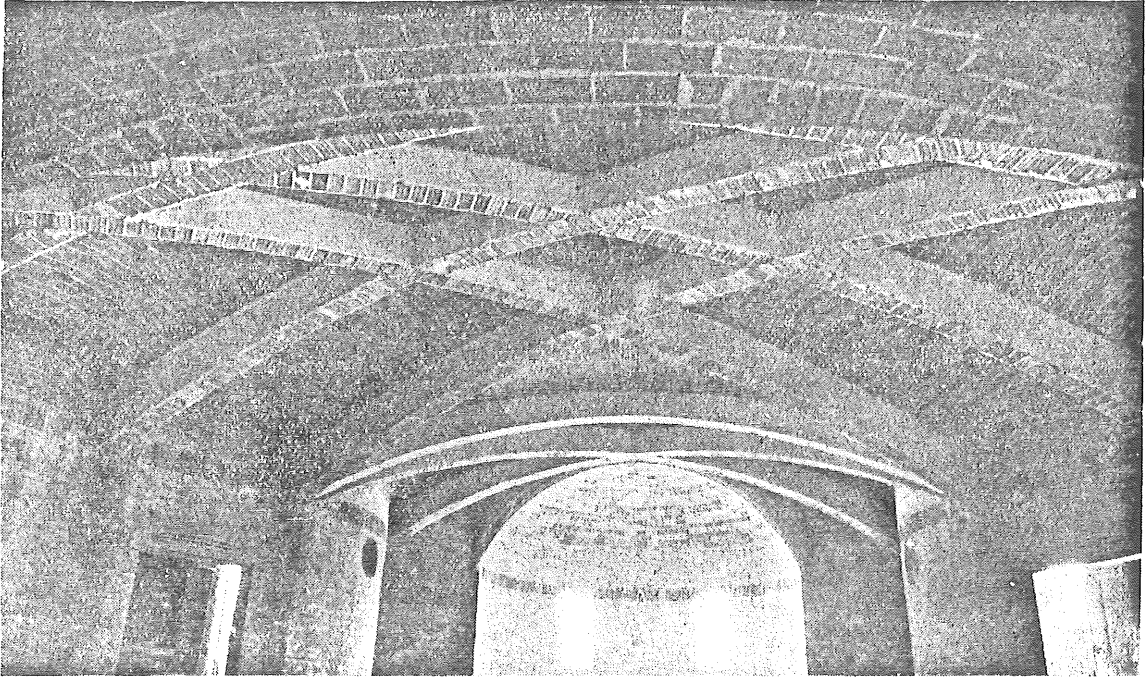


FIG. 118

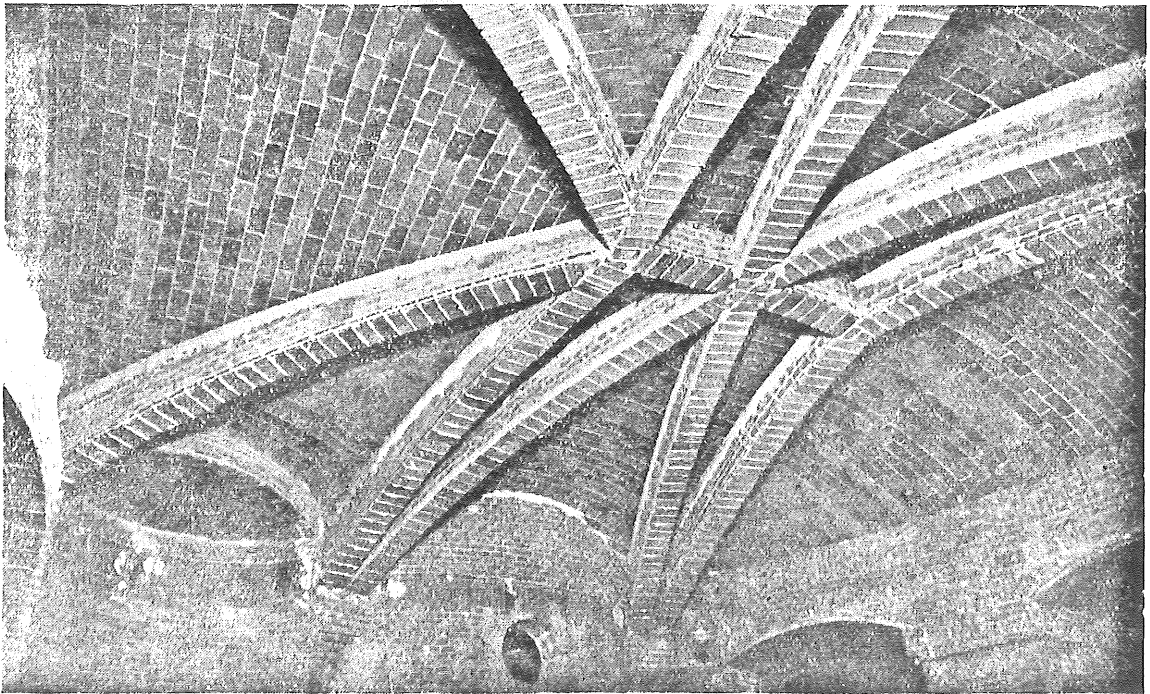


FIG. 119



FIG. 120

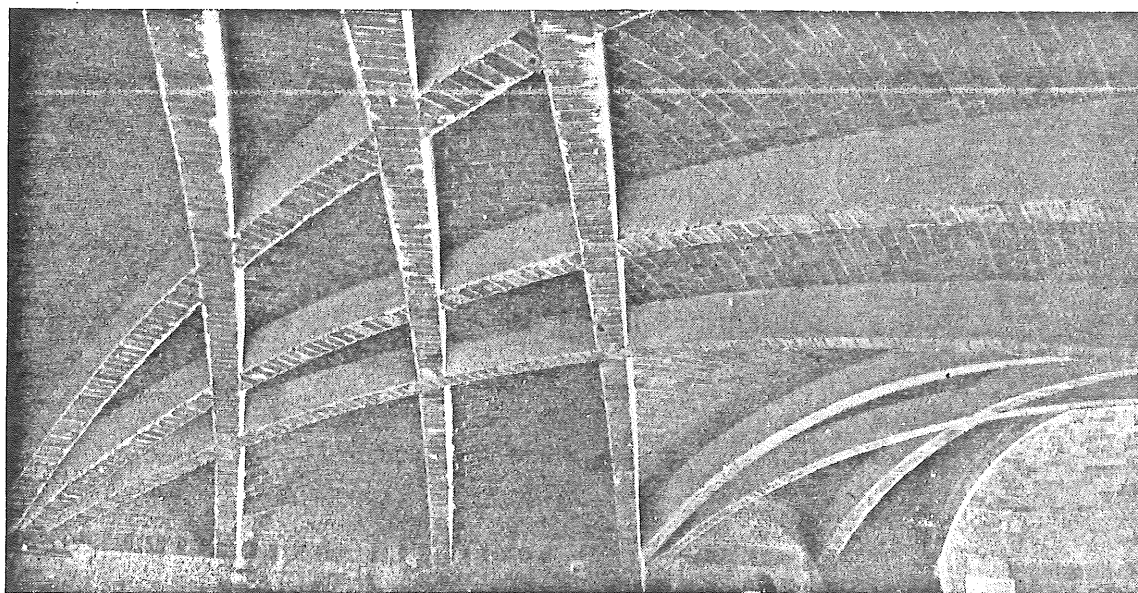


FIG. 121

FIGS. 118, 119, 120 y 121.—2 mayo 1947.—*Este día se terminó la construcción de las bóvedas. Se invirtieron cuarenta días de trabajo desde que se colocaron las primeras cimbras hasta la terminación total.*

# INDICE

	<u>Páginas.</u>
Bóvedas tabicadas . . . . .	7
Clases de bóvedas . . . . .	9
Construcción . . . . .	19
Cálculo de bóvedas . . . . .	31
Empujes . . . . .	35
Comportamiento de las bóvedas ante diversos movimientos . . . . .	45
Trasdosados . . . . .	49
Trabajos en el extranjero . . . . .	53
Bóvedas antiguas . . . . .	61
Datos. . . . .	67

